

Band 3

**Ein neues Verfahren zur Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV
Das KOMET-System**

DISSERTATION
zur Erlangung des akademischen Grades einer Doktor-Ingenieurin

Vorgelegt von
Dipl.-Ing. Sandra Terporten

Eingereicht beim Fachbereich Bauwissenschaften
der Universität Duisburg-Essen
Essen 2004

Verkehrswesen und Verkehrsbau

Band 3

Sandra Terporten (Hrsg.)

**Ein neues Verfahren zur Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV
Das KOMET-System**

Sandra Terporten
Geburtsort: Gevelsberg

Datum der mündlichen Prüfung: 23.12.2004

- 1. Gutachter: Herr Univ.-Prof. Dr. techn. Jörg Schönharting**
- 2. Gutachter: Herr Univ.-Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen**

Terporten, Sandra (Hrsg.):

Ein neues Verfahren zur Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV
Das KOMET-System

Verkehrswesen und Verkehrsbau, Universität Duisburg-Essen, Bd. 3

ISBN 3-922602-96-7

Künstlerische Gestaltung: Bettina Zachow

Der Text ist auch als PDF-Datei unter www.traffic.uni-essen.de verfügbar.

Copyright Universität Duisburg-Essen, 2004.

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-922602-96-7

Universität Duisburg-Essen, Campus Essen,
FG Verkehrswesen und Verkehrsbau,
Universitätsstraße 15, 45141 Essen, Telefon: 0201/183-2698
Internet: www.traffic.uni-essen.de

Vorwort

Die Verkehrssicherheit steht wieder im Brennpunkt der öffentlichen Diskussion, seit sich die EU dem Thema mit herausfordernden Zielsetzungen angenommen hat. Frau Terporten befasst sich vor diesem Hintergrund in ihrer Dissertation mit sicherheitsverbessernden Maßnahmen für eine Zielgruppe, die besonderen Gefahren ausgesetzt ist: den jungen Discothekenbesuchern. Alkohol- und Drogenkonsum in Verbindung mit Imponiergehabe ist oft der Ausgangspunkt für folgenschwere Unfälle mit dem Pkw. Idee der Dissertation ist nun, bei Maßnahmen zur Senkung der Unfallzahlen mit dem Pkw den öffentlichen Verkehr einzubeziehen, diesen aber durch eine Kombination mit Taxen zu ergänzen. Dabei muss die Randbedingung geringer Kosten eingehalten werden. Dies ist die Grundidee des Ansatzes, den Frau Terporten für ihre Dissertation entwickelt und ausgearbeitet hat.

Hinter der Dissertation stand ein Forschungsprojekt, das vom Wissenschaftsministerium NRW gefördert worden ist und das das Zusammenwirken der Fachbereiche Bauwissenschaften / Verkehrswesen, Erziehungswissenschaften, Psychologie (Arbeitsgruppe Verkehr, Frau Prof. Dr. Maria Limbourg) und Kommunikationsdesign (Prof. Klaus Armbruster) und die Erarbeitung gemeinschaftlicher Lösungen ermöglichte.

In diesem Umfeld konkretisierte Frau Terporten das Systemkonzept KOMET. Sie untersuchte zunächst auf der Grundlage umfangreicher Befragungen die Charakteristik der Aktivitätenketten von jungen Discothekenbesuchern. „Fahren können, wann man will“ ist eine wesentliche Anforderung an ein neues Konzept neben „keine Belästigung (weibliche Befragte)“ und „Spaß (männliche Befragte)“. Für einige Indikatoren zeigten sich somit ausgeprägte geschlechtsspezifische Unterschiede, was auch unterstreicht, dass das Nutzerpotential für ein neues Konzept stärker von weiblichen Nachfragern geprägt sein dürfte.

Schließlich soll das alternative System kostengünstig sein. Ein weiterer wichtiger Baustein waren daher die Ergebnisse zur Zahlungsbereitschaft, die Frau Terporten nach der „Stated-Preference-Methode“ abfragt hat.

Ein kostengünstiges System kann nur entstehen, wenn möglichst viele Fahrgäste pro Taxi gebündelt werden können. Frau Terporten kam hierbei entgegen, dass in einem Ballungsraum hinreichend viel Nachfragepotential vorhanden ist, das eine günstige Bündelung grundsätzlich zulässt. Es galt also, einen

Algorithmus zu entwickeln, der das Problem einer dynamischen Zuordnung von Fahrgästen, Haltestellen und Taxen unter Minimierung der Kosten für den Fahrgast löst.

Eine vollständige enumerative Behandlung des Problems verhindert die große Anzahl möglicher Zuordnungen. Frau Terporten entwickelte daher einen neuen heuristischen Ansatz, der sequenziell abläuft, wobei eine Einschränkung des Lösungsraums über das Setzen von Randbedingungen gelingt.

Frau Terporten hat die Randbedingungen iterativ mit Hilfe von Simulationsstudien untersucht. Sie hat, aufbauend auf den empirischen Ergebnissen der Befragung, eine Datenplattform geschaffen, in der alle Heimfahrtwünsche von Jugendlichen des Planungsraums Essen und Bochum in einer repräsentativen Wochenendnacht mittels Modellrechnung Eingang fanden. Damit war es möglich, die Auswirkungen der Randbedingungen auf die Attraktivität des neuen Ansatzes zu beurteilen.

Das entwickelte Konzept soll in absehbarer Zeit in die Realität umgesetzt werden. Der jetzt erreichte Entwicklungsstand kann als bereits ausgereift für eine Online-Umsetzung bezeichnet werden.

Univ.-Prof. Dr. techn. J. Schönharting

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	11
2	Bisherige Lösungsansätze.....	13
2.1	Problemstellung und Zielsetzung im Kontext bisheriger Untersuchungen	13
2.2	Flexibilität als Qualitätsmerkmal	19
2.2.1	TaxiBus in Essen.....	23
2.2.2	Differenzierte Betriebsform im Landkreis Erding.....	24
2.2.3	MultiBus.....	25
2.2.4	AnrufBus in Leer.....	26
2.2.5	M21 – Neue telematikgestützte Mobilitätsdienstleistungen im Verkehr	28
2.3	Kombination von flexiblen Angeboten und regulärem ÖPNV.....	29
2.4	Bewertung von Mobilitätsangeboten	31
3	Anforderungsanalyse an ÖPNV-Angebote	37
3.1	Allgemeines	37
3.2	Befragungskollektiv	37
3.3	Fragebogen	40
3.4	Bewertung der Verkehrsmittel	40
3.5	Zahlungsbereitschaft für ein verbessertes Angebot.....	45
4	Entwicklung eines neuen Lösungsansatzes	47
4.1	Fragestellungen für ein das Linienangebot ergänzendes ÖPNV- System.....	47
4.2	Optimierungsmethoden in der Tourenplanung.....	54
4.2.1	Exakte Lösungsverfahren.....	54
4.2.2	Heuristische Lösungsverfahren.....	59
4.3	Optimierungsaufgaben bei einem kombinierten System „Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV“	66
5	Lösungsansatz für ein kombiniertes System „Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV“	69
5.1	Grundidee des Lösungsansatzes.....	69
5.2	Entwicklung eines Lösungsansatzes.....	70
5.2.1	Bestimmung der besten ÖPNV-Verbindung zwischen zwei Haltestellen.....	70

5.2.2 Bestimmung der besten Haustür-Haustür-Verbindung	74
5.2.3 Bündelung von Fahrtwünschen für den Zu- und Abgang zum ÖPNV	77
6 Simulation der Wirkungen des kombinierten Systems „Mehrfahrgast- Taxi und ÖPNV“ am Beispiel des Ruhrgebiets.....	85
6.1 Einführung	85
6.2 Datenmaterial	85
6.2.1 Abgrenzung des Planungsraums	85
6.2.2 Wegeketten und Verkehrsmittelwahl.....	86
6.2.3 Räumliche Nachfragestruktur.....	91
6.2.4 Nächtliches ÖPNV-Angebot in Essen und Bochum.....	94
6.3 Verkehrsmodell.....	96
6.3.1 Einteilung des Planungsraums in Verkehrszellen	96
6.3.2 Verkehrserzeugungsmodell.....	97
6.3.3 Verkehrsverteilungsmodell	99
6.4 Ergebnisse zum kombinierten System „Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV“	105
6.4.1 ÖPNV-Verbindung.....	105
6.4.2 Haustür-Haustür-Verbindung	107
6.4.3 Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV	113
6.5 Chancen für die Umsetzung des neuen Ansatzes in den Online- Betrieb	125
7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	127
Literatur	131

1 Einführung

Im Jahr 2002 verunglückten bei Verkehrsunfällen in Deutschland 1.868 junge Erwachsene zwischen 15 und 24 Jahren tödlich. 133.262 junge Erwachsene trugen zudem Verletzungen nach Verkehrsunfällen davon. Die Unfallstatistik weist weiterhin aus, dass diese Altersgruppe überproportional häufig an Unfällen beteiligt ist. Die Analyse der Tages- und Wochenganglinien zeigt, dass sich vor allem schwere Unfälle in den Wochenendnächten häufen.¹ Vielfach handelt es sich um Unfälle auf dem Heimweg von der Disco.

Einen Beitrag zur Reduzierung von Verkehrsunfällen auf Discowegen kann die Vermeidung von nächtlichen Pkw-Fahrten leisten. Alternativ bietet sich die Taxifahrt oder die Fahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln an. Die Attraktivität des ÖPNV ist verglichen mit der des Pkw vor allem während der Nachtstunden jedoch deutlich geringer. Gleichzeitig zeichnet sich eine Taxifahrt vor allem aus Sicht der Jugendlichen durch einen hohen Fahrpreis aus.

Die vorliegende Untersuchung befasst sich vor diesem Hintergrund mit den Fragen der Anspruchsprofile der jugendlichen Discothekenbesucher an Mobilitätsangebote. Es ist zu klären, wie ein neues Angebot konzipiert werden muss, das die Konkurrenz zum Pkw nicht zu scheuen braucht und auch aus Betreibersicht Vorteile auf sich vereint.

Im Mittelpunkt steht die Entwicklung eines neuen Lösungsansatzes und dessen Bewertung hinsichtlich seiner Tauglichkeit, der Pkw-Abhängigkeit während der Nachtstunden wirksam zu begegnen und somit einen Beitrag zur Reduzierung der Unfallzahlen zu leisten.

¹ Statistisches Bundesamt (2003). Unfälle von 18-24-jährigen im Straßenverkehr 2002. Wiesbaden.

2 Bisherige Lösungsansätze

2.1 Problemstellung und Zielsetzung im Kontext bisheriger Untersuchungen

Trotz rückläufiger Zahlen im Bereich der schweren Unfälle in allen Altersgruppen sind Jugendliche noch immer einem besonders hohen Unfallrisiko ausgesetzt. Dies gilt sowohl bezogen auf die Einwohnerzahl als auch bezogen auf die Fahrleistung. Obwohl die 18- bis 24-jährigen nur 14 % der Fahrleistung erbringen² und nur 8 % der Gesamtbevölkerung ausmachen, sind sie in der Gruppe der Getöteten mit 23 % vertreten.³

Bei den meisten Unfällen junger Erwachsener werden nicht angepasste Geschwindigkeit und zu geringer Abstand als Ursache aufgeführt. Die Überschätzung des eigenen Könnens zeigt sich darin, dass 86 % der Fahranfänger ihren Fahrstil als „sicher“ bezeichnen.⁴ Auch Imponiergehabe vor allem gegenüber dem anderen Geschlecht führt zu einer erhöhten Risikobereitschaft.

Typische Discounfälle werden überwiegend von jungen Männern durch Kontrollverlust verursacht.⁵ Gerade diese Gruppe weist eine hohe Risikobereitschaft auf, die mit einer geringen Fahrerfahrung einher geht. Dass zunehmend auch Frauen von dieser Problematik betroffen sind, zeigt sich am Anstieg der als Fahrzeugführer an Unfällen beteiligten 18-21-jährigen Frauen zwischen 1991 und 2000 um 33 %, während der Anstieg bei den Männern mit nur einem Prozent sehr viel moderater ausfiel.

Jugendliche steuern im Gegensatz zu Verkehrsteilnehmern anderer Altersgruppen außerdem durchschnittlich deutlich ältere Fahrzeuge, die hinsichtlich der Sicherheitstechnik nicht dem aktuellen Standard entsprechen.

² Hautzinger, H., Hamacher, R. & Tassaux-Becker, B. (1996). Mobilität der westdeutschen Bevölkerung, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 55, Bergisch Gladbach.

Die Angaben beziehen sich auf Untersuchungen aus dem Jahr 1991. Es wird davon ausgegangen, dass sich der Anteil junger Fahrer an der Fahrleistung nicht wesentlich geändert hat.

³ Statistisches Bundesamt (2003).

⁴ Shell/ADAC-Studie (2000). „Junge Fahranfänger“, Hamburg und München.

⁵ Schulze, H. (1998). Nächtliche Freizeitunfälle junger Fahrerinnen und Fahrer, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 91, Bergisch Gladbach.

Besonderes Merkmal der nächtlichen Unfälle ist der hohe Pkw-Besetzungsgrad. Während insgesamt für alle Wege der durchschnittliche Pkw-Besetzungsgrad bei 1,4 Personen liegt, beträgt er auf Disco-Wegen 2,2.⁶ Dies führt nicht nur dazu, dass im Falle eines Unfalls viele Personen, einschließlich Minderjähriger, betroffen sind, sondern auch zu einem erhöhten Unfallrisiko. Junge Erwachsene sind nicht in der Lage, die Mehrbelastungen, die aus den zusätzlichen kommunikativen Anforderungen resultieren, durch eine Anpassung des Fahrverhaltens zu kompensieren.⁷ Außerdem bewirkt der hohe Besetzungsgrad eine Änderung des fahrphysikalischen Verhaltens des Pkw.

Verstärkt wird das Unfallrisiko außerdem durch Alkohol- und Drogenkonsum. 68 % der Discothekenbesucher nehmen nach eigenen Angaben an einem Discoabend Alkohol zu sich. Danach konsumieren Frauen während eines Disco-Besuches mit 63 % seltener Alkohol als Männer mit 75 %.

Tab. 2-1: Alkohol- und Drogenkonsum⁸

	Gesamt		Selbstfahrer		Mitfahrer		ÖPNV		- 15 Jahre		16-17		18-20		21-24		älter als 25	
	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m	w	m
Alkohol [%]	62,6	77,4	12,0	38,5	69,3	84,5	73,7	81,6	51,5	74,2	73,3	83,1	54,2	69,7	41,7	67,8	60,0	75,0
Anzahl der Gläser [Median]	3	7	2	3	3	7	4	8	4	6	4	7	4	7	3	6	2,5	7
Drogen [%]	10,2	20,7	5,4	8,9	9,3	18,5	10,6	22,7	7,6	22,6	12,2	20,9	9,2	19,3	4,3	22,0	6,7	10,5
Gesamt	1203	1087	94	92	404	251	135	174	66	32	579	580	429	364	73	60	15	20

Besonders ausgeprägt sind die Unterschiede bei männlichen und weiblichen Pkw-Selbstfahrern: 12 % der Pkw-Selbstfahrerinnen konsumieren Alkohol, gegenüber 39 % der männlichen Pkw-Selbstfahrer. Bei Mitfahrern und ÖPNV-Nutzern fallen die Unterschiede wesentlich geringer aus.

⁶ Hoppe, R.; Tekaat, A. (1995). Disco-Busse, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 42, Bergisch Gladbach.

⁷ Krüger, H.-P.; Braun, P.; Kazenwadel, J.; Reiß, J. & Vollrath, M. (1997). Soziales Umfeld, Alkohol und junge Fahrer. Bericht zum Forschungsprojekt 8913 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.

⁸ Rode, S. (2002). Nächtliche Freizeitmobilität junger Erwachsener in Ballungsgebieten – Möglichkeiten zur Erhöhung der ÖPNV-Nutzung auf Disco-Wegen, Endbericht, Universität Essen, Essen.

Anhaltspunkte für die Fahrtüchtigkeit liefert die Anzahl der konsumierten alkoholischen Getränke. Selbstfahrende Frauen haben nach eigenen Angaben durchschnittlich zwei und selbstfahrende Männer drei Getränke zu sich genommen. Die Fahrtüchtigkeit kann bei dieser Menge bereits eingeschränkt sein.

Auch der Gebrauch von Drogen gehört nach Aussagen vieler Befragter zu einem Discobesuch. Jeder zehnte weibliche und jeder fünfte männliche Discobesucher gibt an, am Abend des letzten Discobesuches Drogen zu sich genommen zu haben. Die Ausprägung des geschlechtsspezifischen Unterschiedes ist in diesem Bereich besonders stark.

Mit Abstand am häufigsten wird Cannabis als Droge konsumiert. Diese Droge führt zu Wahrnehmungsverzerrungen und wirkt halluzinogen. Im Straßenverkehr hat dies zur Folge, dass die tatsächlich gefahrene Geschwindigkeit weit überschätzt wird und der Fahrer mit einer Tempominderung und erhöhter Aufmerksamkeit auf diese Beeinträchtigung reagiert. Untersuchungen⁹ haben ergeben, dass dadurch sogar eine Überkompensation der Wahrnehmungsstörungen auftritt. Entwarnung dürfen diese Ergebnisse jedoch nicht geben, da nur ein kleiner Anteil der Drogenkonsumenten auf Alkohol verzichtet (12 %). In Kombination mit Alkohol oder mit anderen Drogen verstärkt sich die Wirkung aller Drogen, so dass es dann zu einer erheblichen Gefährdung der Verkehrssicherheit kommen kann.¹⁰

Da die Handlungsabläufe zur Steuerung eines Fahrzeugs bei den jungen Erwachsenen noch nicht in ausreichendem Maße automatisiert sind und gleichzeitig Jugendliche ein erhöhtes Risikoverhalten aufweisen, haben 18-24-jährige nach Untersuchungen von Krüger, Braun et al. (1995), bei einem Blutalkoholspiegel von unter 0,8 Promille bereits ein um den Faktor 2 erhöhtes Unfallrisiko, während dieser Faktor bei den über 50-jährigen bei 1,2 liegt.¹¹

Als Ansatzpunkt für Präventionsmaßnahmen wurden bisher oft die Risikofaktoren Alkohol am Steuer und überhöhte Geschwindigkeit gewählt. Ziel ist es, das

⁹ Vollrath, M.; Löbmann, R.; Widera, T. (2000). Der Einfluss von Drogen auf die Fahrtüchtigkeit, in: BLICK 2/2000 – Forschungsschwerpunkt: Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften, Würzburg.

¹⁰ Rode, S. (2002).

¹¹ Krüger, H.-P.; Braun, P.; Kazenwadel, J.; Reiß, J. & Vollrath, M. (1997).

Verantwortungsbewusstsein junger Erwachsener zu erhöhen und eine Risikokompetenz zu entwickeln.¹²

Eine direkte Beeinflussung des Fahrverhaltens junger Erwachsener durch einzelne Kampagnen konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Insgesamt erhöhte sich jedoch durch die Vielzahl von Präventionskampagnen die gesellschaftliche Ablehnung gegen Alkohol am Steuer.¹³

Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Verkehrssicherheit insbesondere auf Discoheimwegen stellt die Erhöhung der ÖPNV-Nutzung dar.¹⁴

Einen speziellen Beitrag dazu soll der Discobus leisten, der erstmalig 1983 in Wien betrieben wurde. Zum ersten Mal in Deutschland wurde in Kulmbach-Lichtenfels im Jahr 1984 ein Discobus-Angebot eingerichtet.¹⁵ Jugendlichen und jungen Erwachsenen soll eine Alternative zum Pkw geboten werden, die einen sicheren Heimweg von der Disco gewährleistet.

Die Evaluation bestehender Angebote zeigt, dass gute Angebote von den Jugendlichen akzeptiert und genutzt werden. Sind die Voraussetzungen für die Akzeptanz, wie Flexibilität und Preiswürdigkeit sowie der Betrieb bis in die frühen Morgenstunden nicht gegeben, ist die Attraktivität des Angebotes für Discogänger allerdings gering. Als häufigstes Argument für die Nicht-Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel werden zu lange Fußwege zu/von den Haltestellen, ungünstige Fahrtrouten sowie lange Fahrzeiten angeführt, die sich aus dem ausgedünnten Liniennetz und dem meistens vorhandenen Stundentakt ergeben.¹⁶ Mit der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel werden außerdem unangenehme Bedingungen wie Gedränge, alkoholisierte Fahrgäste, Fußwege durch einsame Gegenden und Wartezeiten an den Haltestellen assoziiert.¹⁷

¹² Hoppe, R. et al. (1998). Vom Risikoverhalten zur Risikokompetenz, Bonn.

¹³ Bauer, M. & Baab, R. (1995). Selbstkonzept und Persönlichkeitsstruktur alkoholauffälliger Kraftfahrer: Wie sehen sie sich selbst und wie werden sie von anderen eingeschätzt? Blutalkohol, 32, 8-25.

¹⁴ Limbourg, M. (1997). Mit dem öffentlichen Verkehr zur Disco - eine Möglichkeit zur Prävention von Disco-Unfällen. Mobil und Sicher, Heft 45, Mai, Seite 17.

¹⁵ Fiedler, J. (1993). ÖPNV Planung und Betrieb kurzgefasst. Lehr- und Forschungsgebiet: Öffentliche Verkehrs- und Transportsysteme der Bergischen Universität Wuppertal, Wuppertal.

¹⁶ Schulze, H. (1998).

¹⁷ Rode, S. (2002).

Neben den Nachteilen im ÖPNV gibt es eine Reihe weiterer Aspekte, die zu einem hohen Anteil der Pkw-Nutzung auf Disco-Wegen führen. So spielen emotionale Gründe wie Imponiergehabe gegenüber Freunden, der Wunsch nach Unabhängigkeit, z.B. bei spontanen Entschlüssen, die Disco zu wechseln, oder die ungestörte Zweisamkeit sicher auch eine Rolle bei der Wahl des Pkw. Gerade Frauen wünschen sich neben einem geringen Unfallrisiko vor allem einen Schutz vor Belästigungen und Straftaten. Rund zwei Drittel aller Frauen haben in der Dunkelheit Angst, wenn sie sich allein im öffentlichen Raum bewegen.¹⁸ So wird auch das Warten an schlecht beleuchteten Haltestellen und der Fußweg von und zur Haltestelle als gefährlich eingeschätzt. Es ist daher von Bedeutung, die Motive der Discobesucher, insbesondere die der Pkw-orientierten Besucher, zu erforschen, um daraus Schlussfolgerungen im Hinblick auf ein Anforderungsprofil eines ÖPNV-Angebots ableiten zu können.

Für die nächtliche Angebotsgestaltung gibt es verschiedene technische und organisatorische Möglichkeiten, die vom liniengebundenen Verkehr mit festen Haltepunkten bis zum taxiähnlichen Verkehr "von Haustür zu Haustür" reichen und die sich hinsichtlich der Angebotsqualität und in den Kosten deutlich unterscheiden. Es ist davon auszugehen, dass die Nachfrage nach Ortswechseln von hoher Spontaneität geprägt ist, was die Einrichtung flexibler Angebote im ÖPNV erfordern würde. Von besonderem Interesse ist, welche räumlichen und zeitlichen Bereiche ein geeignetes ÖPNV-Angebot abdecken muss.

Aufgrund der Tatsache, dass sich die meisten sehr schweren Unfälle in erster Linie im ländlichen Gebiet ereignen, existieren ÖPNV-Angebote, die eine Reduzierung der Unfallzahlen zum Ziel haben, überwiegend in diesem Raum. Es ist jedoch davon auszugehen, dass auch im Ballungsraum erhöhte Geschwindigkeiten und Alkohol am Steuer eine Rolle spielen.

¹⁸ Krause, J. (1999). Unterwegs in Stadt und Land, in: Frauen und Männer in der mobilen Gesellschaft, Opladen.

In der folgenden Tabelle sind exemplarisch einige Angebote dargestellt.

Tab. 2-2: Siedlungsstruktur, Bedienweise und Fahrzeugkategorie¹⁹

Angebot	Raum	Betriebsweise	Fahrzeug
DiscoLinien Düsseldorf	Ballungsraum/Ländl. Gebiet	Linienbetrieb	Linienbus
NachtBus Osnabrück	Ballungsraum/Ländl. Gebiet	Linienbetrieb	Linienbus
Disco-Train Schwerin	Ländl. Gebiet	Linienbetrieb	Zug
Freizeittaxi Donnersbergkreis	Ländl. Gebiet	nach Bedarf	Taxi
NachtBusPlus NRW	Ballungsraum	Linienbetrieb	Zug
Shuttle-Bus Dortmund	Ballungsraum	Shuttle-Betrieb	Kleinbus
Kneipenbus Donau-Ries	Ländl. Gebiet	Linienbetrieb, nach Bedarf	Kleinbus

Es zeigt sich, dass in Ballungsräumen das starre, liniengebundene Angebot dominiert, das sich außerdem durch relativ große Fahrzeugkapazitäten auszeichnet. In Verbindung mit einer hohen Siedlungsdichte liegt es nahe, die nächtlichen Fahrgäste gebündelt zu befördern, auch wenn individuellen Bedürfnissen bei der Heimfahrt hiermit nicht Rechnung getragen wird. Es werden vorwiegend Linienbusse oder sogar Züge eingesetzt.

In ländlichen Gebieten sind dagegen Angebote häufig durch den Einsatz kleinerer Einheiten und eine höhere Flexibilität geprägt. Bei einer geringeren Siedlungsdichte bietet sich der Flächenbetrieb als geeignete Betriebsform an. Dieser trägt im Vergleich zum starren Konzept im Ballungsraum in höherem Maße zur Zufriedenstellung individueller Erfordernisse der Fahrgäste bei.

¹⁹ Rode, S. (2001). Erfahrungen mit flexiblen Bedienweisen im ÖPNV während der Nachtstunden, Forschungsbericht aus dem Fachbereich Bauwesen, Nr. 88, Universität Essen.

2.2 Flexibilität als Qualitätsmerkmal

Der Forderung nach Flexibilität kommt neben dem privaten Pkw nur das Taxi in hohem Maße nahe. Negativ beurteilt wird allerdings der hohe Preis, der vor allem auf längeren Strecken das Taxi als akzeptiertes Verkehrsmittel für junge Erwachsene weitgehend ausschließt. Demgegenüber verursacht die Nutzung von Bussen und Bahnen häufig keine zusätzlichen Kosten, da Jugendliche oft im Besitz von ÖPNV-Zeitkarten sind. Bei der Entwicklung eines ÖPNV-Angebotes sollten deshalb die bestehenden Nachtbus-Angebote, sowohl auf der Straße als auch auf der Schiene bewusst einbezogen werden.

Neue Formen integrierter Mobilitätsangebote werden vor allem für ländliche Räume entwickelt, in denen eine geringe und zudem disperse Nachfrage nach öffentlichen Verkehrsmitteln vorzufinden ist. Erste Rufbus-Systeme wurden in den 70er Jahren eingerichtet,²⁰ aber gerade in den letzten Jahren ist ein Trend zu flexiblen Angeboten zu erkennen. Die Bedeutung flexibler Betriebsweisen in der Forschung für den ländlichen Bereich zeigt sich bei der Analyse der im Rahmen des Programms Personennahverkehr für die Region vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekte.²¹ Sieben der insgesamt neun Projekte befassen sich mit der Entwicklung von flexiblen Betriebsweisen, woran zum einen der Forschungsbedarf, zum anderen die Erwartungshaltung abzulesen ist. Flexible Betriebsweisen sollen dazu dienen, die Betriebskosten für die Verkehrsunternehmen gegenüber einem regulären Angebot zu senken und gleichzeitig die Mobilität der Bevölkerung sichern.

Deutlich seltener wird die Einführung flexibler Betriebsweisen für den Ballungsraum in Erwägung gezogen. In Forschungsprojekten für den Ballungsraum stehen Mobilitätsdienstleistungen im Vordergrund, die eine intelligentere Ausnutzung vorhandener Ressourcen ermöglichen sollen. Die Entscheidung für ein Verkehrsmittel, eine Route oder gar einen Weg soll objektiv getroffen werden können. In Ballungsräumen bietet sich Intermodalität an, da bereits ein gutes ÖPNV-Angebot existiert. Im Gegensatz zum ländlichen Raum, in dem das flexible Angebot den regulären ÖPNV ersetzt, dient es im Ballungsraum als zusätzliche Komponente, die die Attraktivität öffentlicher Verkehrsmittel erhöht.

²⁰ Zeitvogel, (1981). RETAX – Ein Jahr großer Probebetrieb in Wunstorf, in: Nahverkehrs-Praxis, Dortmund.

²¹ Aufzählung in Burmeister, J. (2002). Neue Ansätze für den Nahverkehr in der Region, in: Der Nahverkehr, 1-2/2002.

Ziel muss es sein, Bedienungskonzepte entsprechend der Nachfragestruktur zu entwickeln. Zu favorisieren ist ein Konzept, das auf räumliche und zeitliche Schwankungen der Nachfrage flexibel reagiert und somit die individuelle Mobilität sichert, ohne die Wirtschaftlichkeit außer Acht zu lassen.

Gerade im Ballungsraum bietet es sich an, Fahrgäste gebündelt zu befördern. Die Fahrzeugkapazitäten können dem Fahrgastaufkommen angepasst werden, so dass im Linienbetrieb von Schienenfahrzeugen bis hin zu Taxis die unterschiedlichsten Fahrzeuge im Einsatz sind.

Die Einsparungen bei den Personalkosten rechtfertigen den relativ hohen Kapitalbedarf für die Anschaffung und die Unterhaltung der Fahrzeuge. Ein hoher Stellenwert sollte der Optimierung des Linienweges und des Fahrplans unter Berücksichtigung des Fahrgastaufkommens und der favorisierten Ziele beigemessen werden. Müssen sich der ÖPNV und der motorisierte Individualverkehr den Verkehrsraum teilen, können durch Priorisierungsmaßnahmen die Reisezeiten reduziert und die Pünktlichkeit erhöht werden.

Seit den 90er Jahren dehnen die meisten Großstädte ihr nächtliches ÖPNV-Angebot aus. Verändertes Freizeitverhalten lässt zumindest in den Wochenendnächten die Nachfrage nach einem ÖPNV-Angebot steigen. Im Vordergrund steht die Sicherung der Mobilität Nichtmotorisierter, aber auch der Aspekt der sicheren Mobilität wird bei der Vermarktung dieser Angebote berücksichtigt.²²

In der Regel wird ein spezielles Liniennetz entwickelt, das im Vergleich zum tagsüber betriebenen Liniennetz räumliche Lücken aufweist. Angepasst an die geringere Nachfrage verkehren die Linienbusse überwiegend im Stundentakt, so dass auch zeitlich größere Lücken entstehen. Daraus resultieren für den spontan entscheidenden Fahrgast unter Umständen lange Wartezeiten und auch Fußwege zwischen dem Ausgangsort und der Einstiegshaltestelle sowie zwischen der Ausstiegshaltestelle und dem Wohnort werden notwendig. In den Zentren der Städte wird meistens ein Verknüpfungspunkt mit einem integralen Taktfahrplan eingerichtet (hub-and-spoke-System), so dass zumindest beim Umsteigen nur geringe Wartezeiten entstehen.

²² Bundesministerium für Verkehr, (Hrsg.) (1995). Discobusse als Alternative zum Auto – Mehr Sicherheit durch spezielle nächtliche Beförderungsangebote, in: Verkehrsnachrichten, Heft 8, Bonn.

Bei einer zurückgehenden Verkehrsnachfrage in den Tagesrandzonen oder generell im ländlichen Raum ist die Vorhaltung eines Linienangebotes mit hohen Kosten pro Fahrgast verbunden. Eine Reduzierung der Fahrzeugkapazitäten durch den Einsatz kleinerer Fahrzeugeinheiten ist möglich, die Anpassung der Fahrzeugflotte an ein variables Fahrgastaufkommen ist in der Regel jedoch nicht wirtschaftlich. Zudem kann die Nachfrage so weit sinken, dass ganze Kurse nicht mehr nachgefragt werden.

Um die Kosten für das Verkehrsunternehmen zu reduzieren und trotzdem dem Bürger die Möglichkeit zur Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel zu bieten, kann ein Bedarfslinienverkehr eingerichtet werden. Wie beim regulären Linienbetrieb steht die Fahrstrecke und der Fahrplan fest. Beim Bedarfslinienbetrieb werden die Haltestellen entlang eines Linienweges jedoch nicht ständig, sondern nur nach Bedarf bedient. Dieser Bedarf muss in der Regel bei der Mobilitätszentrale telefonisch angemeldet werden.

Unter dem Begriff Richtungsbandbetrieb ist zu verstehen, dass es zusätzlich zu den Haltestellen entlang des vorgegebenen Linienweges auch Bedarfshaltestellen gibt, die nur angefahren werden, wenn der Bedarf direkt oder per Anruf über eine Leitzentrale dem Fahrer mitgeteilt wird. Unterschieden wird zwischen dem gebundenen Betrieb, bei dem ein ungefährer Fahrplan für den Fahrtanfang und das Fahrtende existiert und dem teilgebundenen Betrieb, der sich lediglich durch eine feste Abfahrtszeit beim Fahrtanfang auszeichnet.

Als Nachteil dieses Angebotes zeigt sich der Anmeldezwang zur Bedienung der Bedarfshaltestellen, der in Abhängigkeit der Vorlaufzeit nur bedingt Raum für spontane Entschlüsse lässt. Außerdem muss die Möglichkeit der Abweichung vom Linienweg bei der Erstellung des Fahrplans berücksichtigt werden. In der Regel wird nur eine ungefähre Ankunftszeit an einer Haltestelle angegeben, die sich aus der Wahrscheinlichkeit der Anfahrt der einzelnen Haltestellen errechnet.²³

Ein Flächenbetrieb zeichnet sich dadurch aus, dass auf das Anfahren von Haltestellen und auf einen Fahrplan, zumindest im Zielgebiet, verzichtet wird. Der Fahrgast wird zu einer innerhalb eines Bedienungsraums frei wählbaren Adresse gebracht. Der Fahrtwunsch, mindestens bestehend aus einer Startadresse und einem Abfahrtszeitwunsch, muss einer Mobilitätszentrale mitgeteilt

²³ Greschner, G. (1984). Bedarfsgesteuerte Bussysteme, Innovative Informatikanwendungen in transport-, Verkehrs- und Leitsystemen GmbH, (INT), Karlsruhe.

werden. Soll die Disposition bereits in der Zentrale vorgenommen werden, ist außerdem die Angabe der Zieladresse notwendig. Übersteigt die Anzahl der Fahrgäste die Kapazität eines Fahrzeuges muss auch eine Zuordnung der Fahrgäste auf die einzelnen Taxis vorgenommen werden.

Eine Kombination zwischen Richtungsband- und Flächenbetrieb stellt das Anrufsammeltaxi dar, das bereits in vielen Städten und Gemeinden zu Schwachlastzeiten eingesetzt wird. Als Vorteil des Flächenbetriebes ist die hohe Flexibilität des Angebotes und der Komfort für den Fahrgast hervorzuheben. Das Anrufsammeltaxi muss angefordert werden und bringt die Fahrgäste von festgelegten Haltestellen zu bestimmten Zeiten direkt zum Ziel. Somit ist zwar der Startpunkt vorgeben, es kann jedoch innerhalb vorgegebener Grenzen ein beliebiges Ziel angesteuert werden. Der Fahrtwunsch muss in der Regel bis spätestens eine halbe Stunde vor der regulären Abfahrtszeit angemeldet werden. Wollen mehrere Personen von der Haltestelle abfahren, werden die Fahrtwünsche gebündelt. Die Kosten errechnen sich in der Regel aus dem Bustarif plus eines Komfortzuschlags, so dass sich der Kostendeckungsgrad für den Betreiber verbessert.²⁴ Wird der reguläre Linienverkehr durch ein Anrufsammeltaxi ersetzt, führt dies für den Fahrgast zu einer Verteuerung der Mobilität.

Die Disposition wird überwiegend manuell vorgenommen. Bei geringer Nachfrage ist es möglich, die Disposition dem Taxifahrer zu überlassen. Inwieweit die gewählte Tour ein Optimum darstellt, wird nicht überprüft.

Resultiert aus einer hohen Nachfrage die Notwendigkeit zum Einsatz mehrerer Taxis, bietet sich die rechnerunterstützte Disposition an. Neben der Ermittlung der günstigsten Tour, stellt sich die Zuordnung der Fahrgäste auf die einzelnen Taxis als zu lösendes Problem dar.

Sowohl für den Ballungsraum als auch für ländliche Gebiete wurden in der jüngsten Vergangenheit Mobilitätsangebote unterschiedlichen Flexibilisierungsgrades entwickelt.

²⁴ Bihn, F. et al. (1994). Differenzierte Bedienungsweisen im ÖPNV, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), Köln.

2.2.1 TaxiBus in Essen

In Essen wurde Anfang 2003 durch die Essener VerkehrsAG (EVAG) das Konzept „Das Neue Nachtnetz“ umgesetzt. Zur Reduzierung der Betriebskosten wird der reguläre Buslinienverkehr bereits um 23.00 Uhr eingestellt. Zum Ausgleich wurde das Nachtbus-Angebot auch auf die Nächte von Montag bis Freitag ausgedehnt.

Demnach verkehrt der Nachtexpress wochentags von 23.00 bis 1.30 Uhr, in der Nacht von Freitag auf Samstag bis 3.30 Uhr und in der Nacht von Samstag auf Sonntag bis 7.30 jeweils im Stundentakt. Da das Nachtbus-Netz gegenüber dem regulären Liniennetz ausgedünnt ist, wurde das Angebot um 20 TaxiBusse ergänzt. Der Fahrgast hat die Möglichkeit, alle Spätverkehrshaltestellen im Netz zu erreichen, so dass die Fußwege nicht länger als vor der zeitlichen Ausdehnung des Nachtbus-Systems sind. Der TaxiBus kann zum normalen Tarif genutzt werden und auch alle Zeitkarten haben Gültigkeit. Da der TaxiBus nur bei Bedarf verkehrt, ist eine Voranmeldung 30 Minuten vor der fahrplanmäßigen Abfahrt notwendig.

Die Verkehrsbetriebe erhoffen sich von dieser Strategie Einsparungen, ohne dass sich die Situation für den Fahrgast verschlechtert.

Tab. 2-3: Ersparnis durch Flexibilisierung des Angebotes, Quelle: EVAG, 2002

Kostenreduktion im Linienbussystem	ca. 500.000 €
TaxiBus-Kosten	ca. 140.000 €
Ersparnis	ca. 360.000 €

Inwieweit sich die Erwartungen erfüllen, wird sich erst nach einer Erprobungsphase zeigen.

2.2.2 Differenzierte Betriebsform im Landkreis Erding

Ein Beispiel für einen Richtungsbandbetrieb stellt das Netzkonzzept des Landkreises Erding nordöstlich von München dar.²⁵ Der Landkreis Erding zeichnet sich durch eine ländliche Struktur und eine geringe Nachfrage nach öffentlichen Verkehrsmitteln aus. Die innerhalb des Landkreises verkehrenden Busse werden überwiegend von Schülern genutzt, ansonsten dienen sie als Zu- und Abbringer vom Schienenverkehr in bzw. aus Richtung München.

Das Bussystem des Erdinger Landkreises hebt sich durch ein Korridorkonzept von üblichen ÖPNV-Verkehren im ländlichen Raum ab.²⁶ Innerhalb eines Korridors parallel verlaufende Linien werden zusammengefasst und die Haltestellen nur noch nach Bedarf angefahren. Der Abfahrtswunsch von einer Bedarfshaltestelle muss telefonisch mindestens 30 Minuten vor der Abfahrt angemeldet werden. Zur Erstellung des Netzes und des Fahrplans wurde ein rechnergestütztes Entwurfsverfahren gewählt, das auf dem räumlichen und zeitlichen Verlauf der Verkehrsnachfrage basiert.

Während der Hauptverkehrszeit ist die ausschließliche Bedienung des Gebietes im Richtungsbandbetrieb für die Fahrgäste nicht annehmbar, da es bei der Anfahrt vieler Haltestellen zu einem starken Mäandrieren des Rufbusses käme. Aus diesem Grund wird zu Zeiten mit einer hohen Verkehrsnachfrage die Hauptachse im Linienbetrieb bedient. Die Rufbusse werden in diesen Zeiten überwiegend als Zu- und Abbringer zur Hauptlinie genutzt. Bei einer besonders hohen Nachfrage, wie sie vor allem im Schülerverkehr entsteht, decken die Rufbusse auch eine parallel verlaufende Linie ab, so dass ein Umsteigen überflüssig wird.

Nachteilig zu bewerten ist, dass die Abfahrtszeiten an den Haltestellen nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eingehalten werden können.

²⁵ Kirchhoff, P. (1999). Flexible Betriebsweisen im ÖPNV, in: Der Nahverkehr, Heft 11/99

²⁶ Das Konzept wurde in Zusammenarbeit des Lehrstuhls für Verkehrs- und Stadtplanung der TU München, des Landkreises Erding und dem Münchner Verkehrs- und Tarifverbund entwickelt.

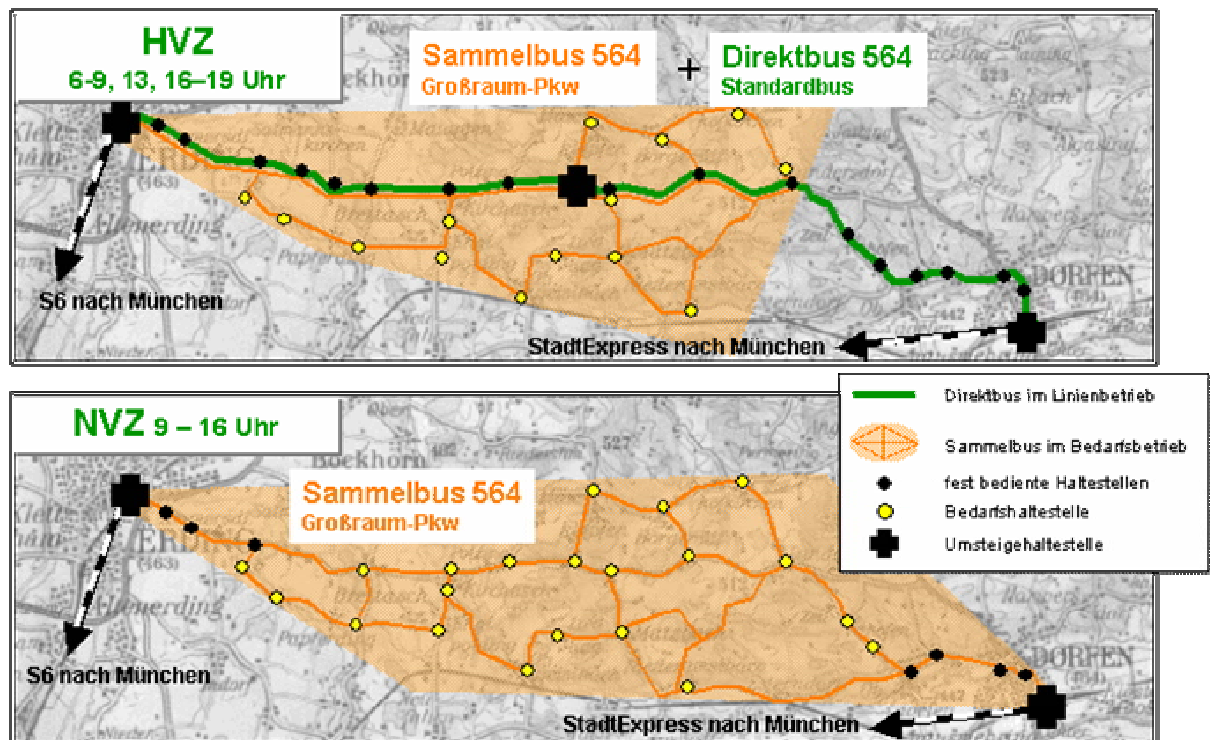


Abb. 2-1: Flexibles Bedienkonzept im Landkreis Erding, Quelle: Haller, M. (1999)

Eingesetzt werden überwiegend Klein- oder Midibusse, die sich gegenüber Taxis durch eine höhere Kapazität auszeichnen. Bei einer geringeren Nachfrage überwiegen jedoch die Vorteile des Einsatzes von Taxis und Großraumtaxis. Zum einen sind hier die geringeren Betriebs- und Investitionskosten der Fahrzeuge zu nennen, zum anderen sind die Personalkosten für einen Taxifahrer geringer.

2.2.3 MultiBus

Das Projekt MultiBus ist Teil des Forschungsschwerpunktes „Personennahverkehr in der Region“, initiiert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung. Ziel des MultiBus-Konzeptes ist es, im ländlichen Raum ein unwirtschaftliches Linienangebot durch ein bedarfsorientiertes Flächenangebot zu ersetzen.²⁷

²⁷ <http://www.pnvregion.de>

Das MultiBus-Konzept wurde für die Gemeinden Gangelt, Selfkant und Waldfeucht umgesetzt. Innerhalb des Bedienungsgebietes können alle Haltestellen als Ein- und Ausstiegspunkte genutzt werden. Die Haltestellendichte wurde vor Einführung des MultiBusses erhöht, so dass Haltestellen-Einzugsbereiche von 200 m entstanden. Die eingesetzten Fahrzeuge haben eine Kapazität von zwölf Fahrgästen.

Der MultiBus verkehrt montags bis freitags zwischen 8.00 und 22.00 Uhr und samstags sowie sonn- und feiertags zwischen 8.00 und 18.00 Uhr. Der Fahrtwunsch, bestehend aus Name, Abholungsort und Abfahrtszeit sowie Fahrtziel, muss spätestens 30 Minuten vor der gewünschten Abfahrtszeit telefonisch der Dispositionszentrale mitgeteilt werden. Sofort wird der Fahrtwunsch bestätigt und dem Fahrgast die Abfahrtshaltestelle und die Abholzeit genannt. Neben der Funktion als Anrufbus leistet der MultiBus auch Zubringerdienste zu weiterführenden Buslinien.

Im Anschluss an den Bedienungszeitraum des MultiBusses kann an Samstagen sowie Sonn- und Feiertagen zwischen 18.00 und 22.00 Uhr ein Anrufsammel-Taxi genutzt werden. Damit stellt das Angebot keine Alternative zur Nutzung des Pkw auf Discowegen dar.

2.2.4 AnrufBus in Leer

Das Konzept des AnrufBusses sieht einen Haustür-Haustür-Service losgelöst von einem Fahrplan vor. Sind längere Strecken zurückzulegen, kann der AnrufBus auch als Zubringer zum schnellen ÖPNV dienen oder zur Reduzierung von Umwegfahrten beitragen.

Zur Disposition wird ein Tourenplanungsprogramm eingesetzt, das sowohl die Zuordnung der Fahrgäste auf die mit GPS ausgestatteten Taxis als auch das Matching der eingehenden Fahrtwünsche zu Touren vornimmt.²⁸ Der Fahrtwunsch, bestehend aus Start- und Zieladresse sowie Abfahrtszeitpunkt, wird bei einer Dispositionszentrale angemeldet und in das Dispositionsprogramm eingegeben.

²⁸ Programmsystem Cover der Firma PPS, Braunschweig.

Im Folgenden sind die Kenndaten für den AnrufBus²⁹ aus dem Jahr 1999 dargestellt:

Tab. 2-4: Kennzahlen des AnrufBus Leer, Quelle: Mehlert, Chr. (2001)

Betrieb		Wirtschaftlichkeit	
Anzahl Kleinbusse	5	Kosten	256.400 €/a*
Fahrgastaufkommen jährlich	45.600 Fg/a	Erlöse	69.500 €/a*
Fahrgastaufkommen Mo-Fr	210 Fg/d	sonstige Erträge	24.500 €/a*
Fahrgastaufkommen Sa+So	16 Fg/d	Kostendeckungsgrad	37%
Fahrleistung pro Fahrzeug	268.000 Wkm/a	Kostenunterdeckung	162.300 €/a*
Besetzung	2,9 Fg	Defizit pro Fahrgast	3,56 €/Fg*
Fahrleistung por Fahrgast	5,9 Wkm/Fg	Defizit pro Einwohner	3,87 €/Ew* und a

*Kosten wurden mit dem Faktor 1,9558 von DM in € umgerechnet und gerundet

Sehr deutlich zeigt sich der geringe Kostendeckungsgrad und daraus resultierend der hohe Subventionsbedarf. Als Ursache anzuführen ist, dass der AnrufBus oft für sehr lange Strecken und zu einem sehr geringen Fahrpreis genutzt wird.

Gedacht ist der AnrufBus zur totalen Flächenerschließung. Die Notwendigkeit zur Subventionierung führt jedoch zu Konfliktpunkten sowohl mit dem ÖPNV als auch mit dem Taxigewerbe. Aus diesem Grund kam es zu erheblichen Einschränkungen des Angebotes. In den beiden Städten Leer und Papenburg hält der AnrufBus nur an jeweils drei festen Haltestellen, um dort nicht in Konkurrenz zum regulären ÖPNV zu treten. Im gesamten Bedienungsbereich gilt darüber hinaus, dass 30 Minuten vor und nach der Abfahrt eines regulären Linienbusses im Radius von 1,5 km um eine Haltestelle vom AnrufBus keine Fahrgäste aufgenommen werden dürfen. Ebenso werden mit Rücksicht auf das Taxigewerbe keine Unterwegsfahrgäste (ohne Anmeldung) aufgenommen und keine Krankenfahrten durchgeführt. Aus dem gleichen Grund sind die Abendstunden vom Bedienungszeitraum ausgenommen. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wurde inzwischen auch die freie zeitliche Verfügbarkeit von und nach Leer und Papenburg vormittags eingeschränkt und ein Fahrplan eingeführt.

²⁹ Mehlert, Chr. (2001). Die Einführung des AnrufBus im ÖPNV, Bielefeld.

2.2.5 M21 – Neue telematikgestützte Mobilitätsdienstleistungen im Verkehr

Im Projekt M21 wird nach Lösungen zur Abwicklung der ansteigenden Verkehrsnachfrage gesucht.³⁰ Ziel ist es, die vorhandene Verkehrsinfrastruktur durch die Bildung von Fahrgemeinschaften effizienter zu nutzen.

Zielgruppe sind die Berufspendler, die sowohl mit Staus und häufig auch mit Parkplatzmangel am Arbeitsplatz als auch mit steigenden Fahrtkosten konfrontiert sind. Die Bildung klassischer Fahrgemeinschaften scheitert an der zunehmenden Einführung neuer Arbeitszeitmodelle, so dass als Folge der Besetzungsgrad der Pkw im Berufsverkehr sehr gering ist. Diesem Problem widmet sich die Mobilitätsdienstleistung M21 FahrPLUS, ein dynamischer Mitfahrservice. Während Mitfahrzentralen bisher meist zur Vermittlung von Langstreckenfahrten genutzt werden, ist dieser neue Mitfahrservice als Dienstleistung für Arbeitnehmer angelegt. Die Aufgabe der derzeit noch direkt im Betrieb angesiedelten Mobilitätszentrale besteht darin, „dynamische“ Fahrgemeinschaften zu bilden.

Genutzt werden kann das Angebot derzeit montags bis freitags zwischen 5.00 und 10.00 Uhr und zwischen 15.00 und 21.00 Uhr. Eine Anfrage oder ein Angebot für die Hinfahrt muss bis 13.00 Uhr des vorherigen Werktages abgegeben werden. Für die Rückfahrt muss eine Voranmeldung bis eine Stunde vor einem einstündigen Abfahrtsintervall stattgefunden haben.

Diese Fristsetzung geht zulasten der Flexibilität, ermöglicht dem Disponenten jedoch, die Tourenplanung vor Fahrtbeginn durchzuführen. In eine bereits berechnete und dem Kunden mitgeteilte Tour wird nicht mehr eingegriffen.

Angebote oder Anfragen können dem System per Internet oder Intranet der beteiligten Unternehmen übermittelt werden. Zudem besteht die Möglichkeit, sich per Telefon direkt an die Mobilitätszentrale zu wenden. Was für den Betreiber mit einem höheren Personalaufwand einhergeht, gilt aus Kundensicht als Gütesiegel.

Zur Akzeptanzsteigerung wurde die Restriktion eingeführt, dass höchstens ein Umweg von 10 % der Fahrtlänge oder ein Fahrzeitverlust von 5 Minuten zu-

³⁰ Holzwarth, J., Biesinger, A., Funke, T. (2000). M21 – Einführung neuer telematikgestützter Mobilitätsdienstleistungen für den Berufsverkehr im Ballungsraum, in: Straßenverkehrstechnik 10/2000, Köln.

lässig ist. Findet sich keine geeignete Mitfahrgelegenheit für die abendliche Heimfahrt, greift die Mobilitätsgarantie. Dieses für den Erfolg notwendige Qualitätsmerkmal gewährleistet die Heimfahrt notfalls mit einem Fahrzeug des werkseigenen Fuhrparks oder mit dem ÖPNV durch die Bereitstellung eines übertragbaren Tickets.

Die Ergebnisdaten der Tourenplanung, bestehend aus Name des Fahrers bzw. Mitfahrers, Abfahrtszeit, Abfahrtsort sowie den Telefonnummern der Teilnehmer, werden dem Nutzer per E-Mail, SMS, Telefon oder Fax übermittelt.

Für die Vermittlung der Mitfahrgelegenheiten werden seitens der Mobilitätszentrale derzeit keine Kosten erhoben. Auch der Fahrpreis ist prinzipiell frei verhandelbar, es wird jedoch auf eine Empfehlung des ADAC verwiesen, wonach sich der Mitfahrer mit sechs Cent pro Kilometer an den Fahrtkosten beteiligen soll.

Das Projekt wird wissenschaftlich von einer Arbeitsgruppe an der Universität Stuttgart begleitet. Dabei sind die Wirkungen des Modells auf verkehrliche Kenngrößen wie Verkehrsaufkommen und Modal Split von Interesse.

2.3 Kombination von flexiblen Angeboten und regulärem ÖPNV

Zur Verbesserung des Zu- und Abgangs zu Linienangeboten und somit zur Vernetzung der Verkehrsträger sind verschiedene Lösungsansätze vorhanden.

So arbeiten einige Verkehrsunternehmen mit Car-Sharing-Organisationen zusammen oder haben gemeinsam mit weiteren Partnern eigene Tochterfirmen gegründet. Durch dieses den ÖPNV ergänzende Angebot soll der Verzicht auf ein eigenes Auto ermöglicht und die Bindung an den ÖPNV verstärkt werden.³¹

³¹ Schönharting, J., Bruckmann, D. et al. (2003). Metrorapid / Transrapid: Vernetzung, Umfeld und Verkehrsträger, Universität Duisburg-Essen.

Tab. 2-5: Car-Sharing im Ruhrgebiet, Quelle: www.stadtmobil.de

Verkehrsunternehmen	Beginn	Car-Sharing-Partner
Bochum-Gelsenkirchener Straßenbahnen AG	10/2000	stadtmobil CarSharing GmbH
Dortmunder Stadtwerke AG	5/2000	stadtmobil CarSharing GmbH
Essener Verkehrs AG	10/2000	stadtmobil CarSharing GmbH

Als eine Form des kombinierten Verkehrs und somit der Verknüpfung der Verkehrssysteme dient Park and Ride (P & R) zur Entlastung der Innenstädte und hochfrequentierter Routen vom Individualverkehr. Zu diesem Zweck werden in unmittelbarer Nähe von ÖPNV-Haltestellen große Parkplätze angelegt. Als Nachteil erweist sich, dass ein eigener Pkw vorhanden sein muss, der außerdem nur wenig genutzt wird.

Zur verkehrlichen Entlastung der Münchner Innenstadt wurden an U- und S-Bahn-Haltestellen Park and Ride-Plätze eingerichtet. Auf den eingezeichneten Parkplätzen stehen insgesamt über 5200 Stellplätze zur Verfügung.

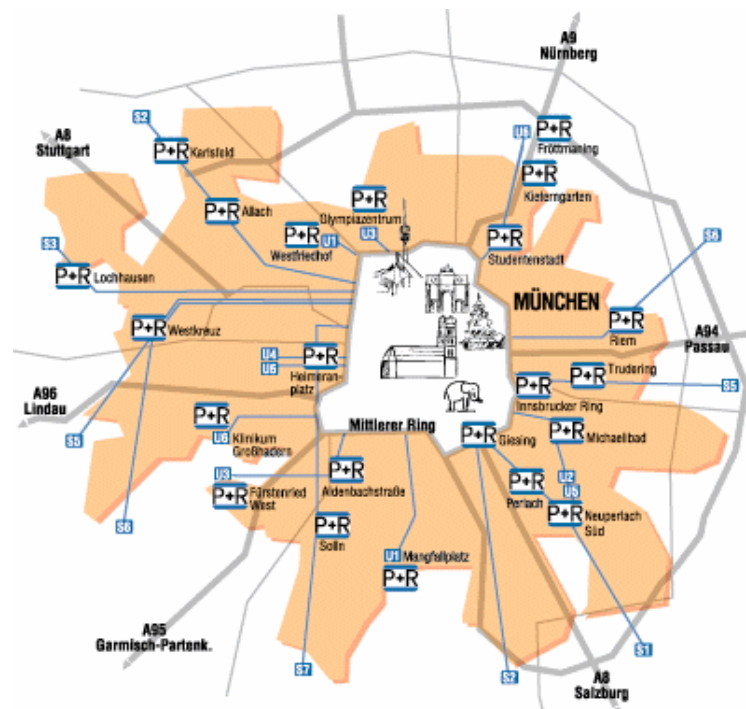


Abb. 2-2: Park and Ride-Plätze in München³²

Sind an bevorzugten ÖPNV-Haltestellen keine oder wenig Stellplätze vorhanden, bieten sich die Konzepte Kiss and Ride oder Bike and Ride an.³³

2.4 Bewertung von Mobilitätsangeboten

Die Vorhaltung öffentlicher Mobilitätsangebote dient zur Mobilitätssicherung aller Bevölkerungsschichten. Darüber hinaus tragen Aspekte wie gute Ausnutzung der Verkehrsinfrastruktur, hohe Umweltverträglichkeit und geringes Unfallrisiko zur Akzeptanz öffentlicher Verkehrsmittel in der Gesellschaft bei.

Ein Vergleich der Qualität verschiedener Angebote wird häufig über die Wirtschaftlichkeit vorgenommen. Insbesondere ein hoher Kostendeckungsgrad und somit ein günstiges Verhältnis zwischen Kosten und Einnahmen muss aus Sicht der Betreiber angestrebt werden.

Die Analyse des Kostendeckungsgrades bzw. Zuschussbedarfs pro Fahrgast ausgewählter Angebote zeigt, dass der Kostendeckungsgrad von 0,5 nur bei zwei Angeboten, die zudem bereits Ende der 80er Jahre eingestellt wurden, überschritten wurde. Insgesamt liefert die Grafik jedoch Erkenntnisse über die Größenordnung des Subventionsbedarfs.

Es zeigt sich auch, dass die Kosten pro Fahrgast sehr unterschiedlich ausfallen. Sie liegen zwischen 2,7 € in Eschershausen und 10 € in Otterbach/Otterberg. Der Zuschussbedarf der einzelnen Angebote liegt bei bis zu 8,80 €.

³² P+R, Park & Ride GmbH, Werner-Heisenberg-Allee 21, 80939 München, (2004)

³³ Arndt, K. (1991). Entwicklung eines Verfahrens zur Abschätzung einer potenziellen P+R-Nachfrage im Berufsverkehr, Darmstadt.

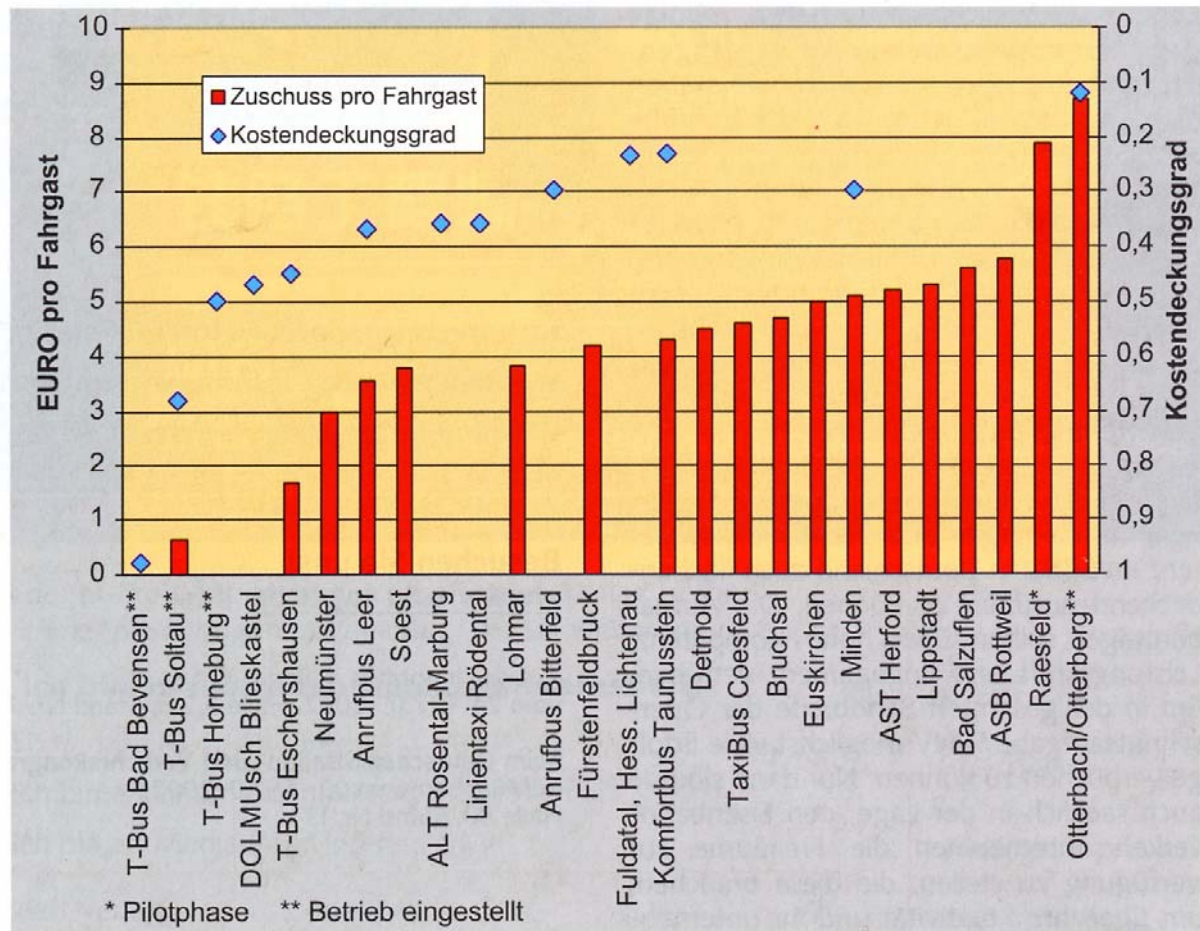


Abb. 2-3: Wirtschaftlichkeit alternativer Bedienungsformen, Quelle: Sieber, N., Walther, G. (2002)

Eine Differenzierung nach Bedienungsformen vom Bedarfslinienbetrieb bis hin zum Flächenbetrieb wurde bei der hier vorgestellten Untersuchung nicht vorgenommen, da sich keine wesentlichen Unterschiede bei der Wirtschaftlichkeit gezeigt haben.³⁴ Daraus ist zu schließen, dass eine hohe Anpassung an die Anforderungen der Kunden an ein ÖPNV-Angebot nicht zwingend mit einem geringeren Kostendeckungsgrad verbunden ist.

³⁴ Sieber, N., Walther, G. (2002). Wirtschaftlichkeit alternativer Bedienungsformen, in: Internationales Verkehrswesen 9/02, S. 434-435, Hamburg.

Tab. 2-6: Finanzierung nach Angebot³⁵

Angebot	Finanzierung	Kosten pro Fahrgast	Einnahmen pro Fahrgast ³⁶	Zuschuss pro Fahrgast
NachtBus Osnabrück	Fahrgeld, Kommune	0,82 €	0,27 €	0,55 €
Freizeittaxi Donnersbergkreis	Fahrgeld, Kreis	11,17 €	1,77 €	9,40 €
Shuttle-Bus Dortmund	Discothekenbetreiber	1,47 €	-----	-----
Kneipenbus Donau-Ries	Fahrgeld, Ehrenamt, Sponsoren, Kommune	1,66 €	1,70 €	0,47 €

Die große Spanne beim Kostendeckungsgrad zeigt sich auch beim Vergleich weiterer Angebote. Während das Freizeittaxi im Jahr 1999 ein Defizit von 9,40 € pro Fahrgast erwirtschaftete, musste der Nachtbus Osnabrück nur mit 0,55 € bezuschusst werden.

Einen noch geringeren Subventionsbedarf weist der Kneipenbus auf, der jedoch in besonderem Maß auf das Engagement von Privatpersonen angewiesen ist. Bei den Fahrern handelt es sich ausschließlich um ehrenamtlich tätige Kräfte und auch Unternehmen sind bereit, an der Finanzierung mitzuwirken.

Als einziges der hier vorgestellten Angebote wird der Shuttle-Bus des Soundgardens vollständig privat finanziert. Im Sommer 2002 wurde dieses Angebot jedoch eingestellt.

Mit abnehmender Nachfrage steigt beim konventionellen Linienverkehr das Verhältnis Kosten pro Fahrgast, so dass bei einer geringen Nachfrage der Einsatz von Anrufsammeltaxis und Anrufbussen neben dem hohen Komfort für den Fahrgast auch finanzielle Vorteile für das Verkehrsunternehmen bietet.

³⁵ Rode, S. (2001).

³⁶ Fahrgeld, Spenden, Werbung, Vereinsbeiträge

Durch die Anpassung des Angebotes an die Anzahl der Fahrgäste können sowohl die Personal- als auch die Betriebskosten reduziert werden.³⁷

Als erfolgreich hat sich die Zusammenarbeit mit ansässigen Taxi- oder Mietwagenunternehmen herausgestellt, da die Stundensätze deutlich unter denen für das Personal von kommunalen und auch privaten Verkehrsunternehmen liegen und das Personal nicht vorgehalten werden muss.³⁸

Tab. 2-7: Aktuelle AnrufBus-Systeme, Quelle: Mehlert, Chr. (2004)

Gebiet	Bezeichnung	Laufzeit	Einstieg - Ausstieg
Gartz (Oder)	AnrufBus	2000 - heute	Haustür - Haustür
Gardelegen	AnrufBus	2000 - heute	Haltestelle - Haustür
Frankfurt (Oder)	Rufbus	2001 - heute	Haustür - Haustür
Wolfsburg	AnrufBus	2002 - heute	Haltestelle - Haustür
Freising	Rufbus	Juli 2002	Haltestelle - Haustür
Delitzsch	AnrufBus	2002 - heute	Haustür - Haustür
Hannover	TeilTaxi	2002 - heute	Haustür - Haustür
Niedernwöhren	AnrufBus	2003 - heute	Haustür - Haustür
Landkreis Freising	Rufbus	2003 - heute	Haltestelle - Haustür

Die Bezeichnung der Angebote lässt nicht immer einen Rückschluss auf die Bedienweise zu. So ist bei der Bezeichnung Rufbus zwar von einem bedarfsorientierten Angebot auszugehen, ob der Rufbus jedoch im Bedarfslinienbetrieb, Richtungsbandbetrieb oder Flächenbetrieb eingesetzt wird, ist nicht ersichtlich.³⁹

³⁷ Haller, M. (1999). Wirkungsanalyse von Verbesserungen des ÖPNV-Angebotes im ländlichen Raum durch bedarfsgesteuerte Bussysteme am Beispiel des Landkreises Erding, in: Schriftenreihe des Lehrstuhls Verkehrs- und Stadtplanung der Technischen Universität München, München.

³⁸ Hoopmann, R. (1997). Rufbusse – Systemvergleich und aktuelle Entwicklungen, in: Verkehrszeichen 4/97, S. 23-28, Mülheim.

³⁹ Mehlert, Chr. (2004). UTPP: www.anrufbus.com.

Vor allem die Entwicklung in den letzten Jahren verdeutlicht, dass das Interesse an neuen Angeboten auf Seiten der Verkehrsunternehmen und auch der Fahrgäste wächst. Es genügt nicht, das Angebot lediglich auf Schüler oder ältere Menschen auszurichten. Gerade im Freizeitbereich liegt noch Potenzial, neue Fahrgäste durch attraktive Angebote zu gewinnen.

Die Besinnung auf den Fahrgast resultiert aus dem steigenden Kosten- und gegebenenfalls auch Konkurrenzdruck. Fortschritte im Bereich der Telematik begünstigen zusätzlich die Schaffung von flexiblen ÖPNV-Angeboten. Fördernd wirken sich zudem Entwicklungen auf dem Telekommunikationssektor aus, welche die Kontaktaufnahme zwischen Fahrzeug und Mobilitätszentrale sowie Fahrgast erleichtern.

3 Anforderungsanalyse an ÖPNV-Angebote

3.1 Allgemeines

Aus der Literaturanalyse folgt, dass attraktive Mobilitätsangebote durchaus auf Nachfrage stoßen. Die Wünsche und Anforderungen der Zielgruppe müssen bei der Entwicklung eines neuen Angebotes daher zwingend berücksichtigt werden.

Im Rahmen des Projektes MoDis „Nächtliche Freizeitmobilität junger Erwachsener in Ballungsräumen – Möglichkeiten zur Erhöhung der ÖPNV-Nutzung auf Discowegen“ wurde eine Anforderungsanalyse an ein ÖPNV-Angebot durchgeführt. Auf diese Weise sollte die Kompatibilität der Vorstellungen der Jugendlichen auf der einen Seite und eines zu entwickelnden Angebotes auf der anderen Seite gewährleistet werden.

3.2 Befragungskollektiv

An der Befragung hat ein Teilkollektiv, bestehend aus Schülern zuvor selektierter Klassen teilgenommen. Um vor allem junge Discobesucherinnen und -besucher zu erreichen, wurde die Untersuchung auf die Jahrgangsstufen 9 bis 13 sowie auf Berufsschulklassen konzentriert. Zusätzlich wurden rund 160 Studierende der Universität Duisburg-Essen befragt. Insgesamt konnte bei der Analyse des Mobilitätsverhaltens und des Anforderungsprofils an ein Mobilitätsangebot auf die Antworten von knapp 3000 jungen Erwachsenen zurückgegriffen werden.

Die Erhebung wurde als betreute schriftliche Befragung während einer Schulstunde konzipiert. Dafür sprach der Umfang des Fragebogens (siehe Anhang), der für eine rein schriftliche Befragung zu groß war. Ein weiteres Argument für die Durchführung der Befragung in der Schule und nicht in der Discothek lieferte der Umstand, dass die Befragung am Quellort auch Aufschluss über den Anteil der Nicht-Discothekenbesucher gibt.

Durch Pre-Tests in einer Hauptschule wurde die Eignung des Fragebogens überprüft.



Abb. 3-1: Für die Erhebung ausgewählte Schulen⁴⁰

Die Befragungen wurden in Schulen entlang der Ruhrschiene zwischen Bochum und Duisburg durchgeführt.

⁴⁰ Kartengrundlage: Straßenkarte NRW, mit freundlicher Genehmigung des Ministeriums für Verkehr, Energie und Landesplanung des Landes Nordrhein-Westfalen

Die Teilkollektive verteilen sich räumlich wie folgt auf die ausgewählten Städte des Untersuchungsraums:

Tab. 3-1: Struktur des ausgewählten Befragungskollektivs, Differenzierung nach Geschlecht, Alter und Ort

	Geschlecht		Alter					gesamt	
	weiblich [%]	männlich [%]	≤ 15 [%]	16-17 [%]	18-20 [%]	21-24 [%]	≥ 25 [%]	[%]	Anzahl
Essen	47,8	52,2	9,6	51,5	30,1	6,6	2,1	29,3	829
Duisburg	40,8	59,2	12,0	60,9	23,2	3,9	0,0	8,4	238
Oberhausen	43,6	56,4	7,8	69,1	17,0	4,3	1,8	10,2	289
Gelsenkirchen	62,7	37,3	8,5	36,8	43,5	9,9	1,3	8,3	236
Recklinghausen	53,9	46,1	0,5	68,2	29,5	1,4	0,5	8,2	232
ländliche Gebiete	60,0	40,0	2,4	49,2	41,4	5,5	1,4	4,6	130
sonstige Städte	56,0	44,0	2,5	41,3	47,9	6,6	1,7	30,9	875
gesamt [%]	51,6	48,4	6,2	53,1	33,6	5,7	1,5	100,0	
gesamt	1460	1369	171	1456	920	155	40		2829

Ein großer Einfluss auf das Mobilitätsverhalten war durch das Alter der Befragten zu erwarten. Die Einteilung der Altersklassen wurde in Anlehnung an amtliche Statistiken durchgeführt, um gegebenenfalls die Vergleichbarkeit zu erleichtern. Eine separate Aufführung der unter 16-jährigen wurde gewählt, da dieser Gruppe der Aufenthalt in Discotheken nicht gestattet ist. Eine getrennte Erfassung erfahren auch die 16-17-jährigen, da sie noch nicht über einen Pkw-Führerschein verfügen. Die Gruppe der 18-20-jährigen können als Fahranfänger bezeichnet werden und heben sich durch eine besondere Gefährdung im Straßenverkehr ab. Auch die 21-24-jährigen zählen zur Risikogruppe im Straßenverkehr, jedoch in geringerem Umfang.⁴¹ An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass in den Klassen jeweils eine unterschiedliche Anzahl von Jahrgängen zusammengefasst wurde.

⁴¹ Statistisches Bundesamt (2001).

3.3 Fragebogen

Es wurde ein dreiteiliger Fragebogen eingesetzt. Zu Beginn wurden Angaben zur Person abgefragt, die eine Schichtung der Teilnehmer nach soziodemografischen Merkmalen ermöglichen. Daneben sollten die Jugendlichen auch ihre Zahlungsbereitschaft für ein verbessertes Angebot angeben. Für eine Simulation des nächtlichen Mobilitätsverhaltens war es wichtig, die Häufigkeit von Disco-Besuchen und die am häufigsten besuchten Discotheken in Erfahrung zu bringen. In Anlehnung an den Kontiv-Fragebogen⁴² sollten die Jugendlichen außerdem die zurückgelegten Wege eines Stichtages, dem Abend des letzten Disco-Besuches, beschreiben. Ziel dieser Vorgehensweise war es, die verwendeten Verkehrsmittel und gleichzeitig die verschiedenen Wegeketten zu ermitteln.

Zudem hatten die Jugendlichen Gelegenheit, ihre Wünsche und Anforderungen an ein ÖPNV-Angebot darzulegen.

3.4 Bewertung der Verkehrsmittel

Die Auswertung der Antworten auf die Frage nach der Zufriedenheit mit öffentlichen Verkehrsmitteln zeigt, dass 30 % der Befragten mit dem nächtlichen ÖPNV-Angebot sehr unzufrieden sind, für weitere 41 % bleiben viele Wünsche offen. Immerhin knapp 30 % zeigen sich mit dem bestehenden Angebot zufrieden. Dabei erkennt man lokale Unterschiede, die auf einen Zusammenhang der Beurteilung mit der Attraktivität des Angebotes hinweisen. Ein gutes Angebot wird danach von den Jugendlichen registriert und durch eine gute Bewertung honoriert.

⁴² Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (1991). Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE), Köln.

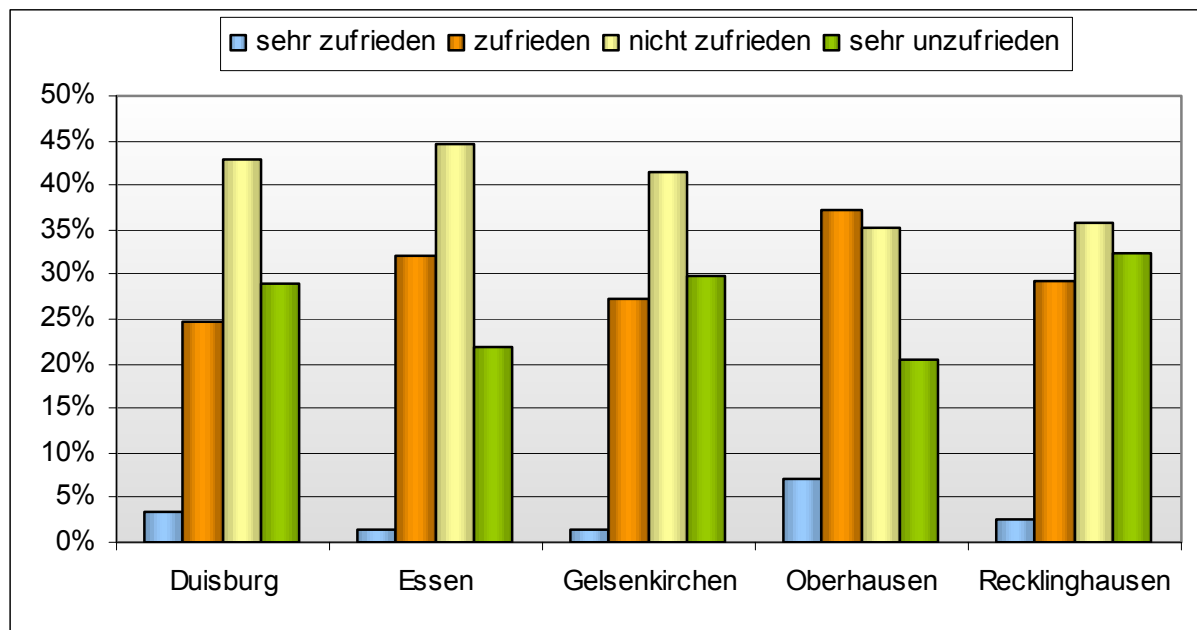


Abb. 3-2: Zufriedenheit mit nächtlichem ÖPNV-Angebot nach Städten

Schüler in Oberhausen sind mit dem nächtlichen ÖPNV-Angebot zufriedener als Schüler in Gelsenkirchen. Beide Städte weisen eine vergleichbare Größe auf, das ÖPNV-Angebot hingegen differiert sehr. Während in Gelsenkirchen die Nachtbusse nur bis 3:00 Uhr verkehren, besteht in Oberhausen die Möglichkeit, an Wochenenden durchgängig öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen.

Außerdem sollten die Jugendlichen angeben, zu welchen Zielen sie regelmäßig öffentliche Verkehrsmittel nutzen. Eine Differenzierung nach den Antworten der unter und über 18-jährigen sowie den Wohnorten der Befragten zeigt ebenfalls lokale Unterschiede auf. So geben Jugendliche in Essen deutlich häufiger an, regelmäßig öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen als Jugendliche in Duisburg. Als wichtigste Ursache ist hier die unterschiedliche Qualität des Angebotes zu nennen.

Insgesamt am häufigsten mit öffentlichen Verkehrsmitteln werden Ziele in der Innenstadt angesteuert. Als Ursache können die Ausrichtung des ÖPNV-Angebotes auf das Zentrum sowie Restriktionen für den Pkw-Verkehr in den Innenstädten angeführt werden.

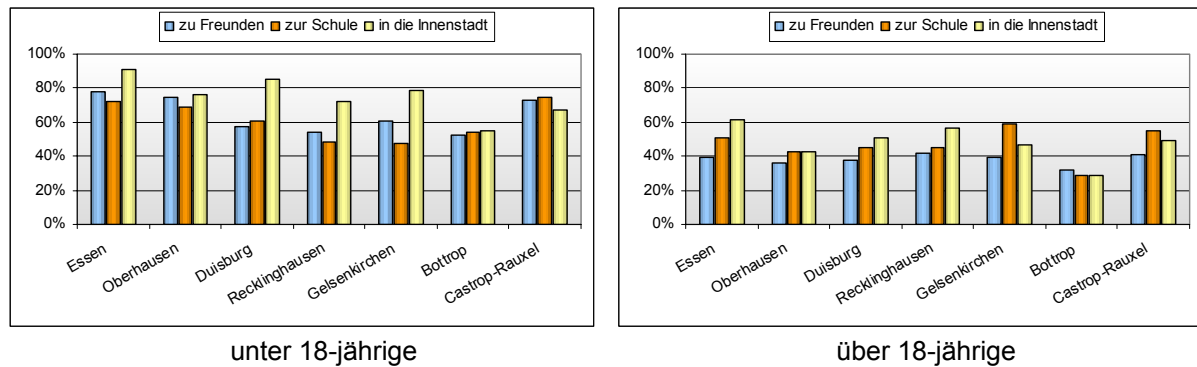


Abb. 3-3: ÖPNV-Nutzung der unter bzw. über 18-jährigen

Dass Jugendliche mit Erreichen des 18. Lebensjahrs dem ÖPNV oft den Rücken kehren, zeigt der Vergleich mit dem Verhalten der unter 18-jährigen. In Essen beispielsweise sinkt mit Erreichen der Volljährigkeit der Anteil derer, die die Innenstadt regelmäßig mit öffentlichen Verkehrsmitteln aufsuchen von 90 auf 60 %. Im Freizeitverkehr ist ein Rückgang um bis zu 50 % zu beobachten.

Die Antworten auf die Frage nach den Vor- und Nachteilen des Pkw und öffentlicher Verkehrsmittel verdeutlichen die Bevorzugung des Pkw. An öffentlichen Verkehrsmitteln bemängeln 45 % der Befragten die Unpünktlichkeit. Eine häufige Nennung mit 34 % erfährt auch der in den Augen der Jugendlichen hohe Preis. Überfüllung und Verschmutzung stören 22 % bzw. 12 % der befragten Schülerinnen und Schüler. Schlechte Verbindungen, lange Wartezeiten und die Ausdünnung des Taktes während der Nachtstunden werden als weitere Argumente gegen eine ÖPNV-Nutzung angeführt.

Nur 40 % der Befragten finden bei einer offenen Fragestellung Argumente, die für die Nutzung des ÖPNV sprechen. Hauptvorteil, trotzdem nur von 3,5 % der Befragten genannt, ist der geringe Preis. Daneben wird auch das schnelle Erreichen von ausgewählten Zielen gelobt. In der Umweltfreundlichkeit, der Möglichkeit, Alkohol zu konsumieren und auch in der Geselligkeit sehen immerhin etwa 2 % der Befragten Vorteile des ÖPNV. Falls gute Verbindungen bestehen, wird dies ebenfalls von den Jugendlichen durch eine positive Bewertung honoriert. Die Vielfalt der vorgebrachten Gründe bei einer gleichzeitig geringen Bereitschaft zur Beantwortung dieser Frage deutet darauf hin, dass erstens die Mehrheit der Jugendlichen dem ÖPNV nichts Positives abgewinnen kann und zweitens objektive Vorzüge des ÖPNV nicht in der Weise präsent sind wie dessen Nachteile.

Bei den meisten Kriterien wird dem Pkw Überlegenheit bestätigt. Rund 30 % der Befragten schätzen die schnelle Ankunft am Ziel, mehr als 20 % die Unabhängigkeit und Bequemlichkeit dieses Verkehrsmittels. Hoch ist auch der Anteil derer, der Musik im Fahrzeug als Vorteil aufführt.

Die Nachteile des Pkw liegen für 22 % der Befragten bei den hohen Kosten. Über 10 % ärgern sich über Staus und zu wenig Parkmöglichkeiten und knapp 8 % beanstanden, dass der Fahrer keinen Alkohol konsumieren darf.

Über stated preferences⁴³ wurden die wichtigsten Aspekte für den Zu- und Abgang zu bzw. von der Discothek ermittelt. Neben den direkt das Angebot betreffenden Merkmalen sollte die Bedeutung von emotionalen Bedingungen wie Angst oder Imponiergehabe erfasst werden.

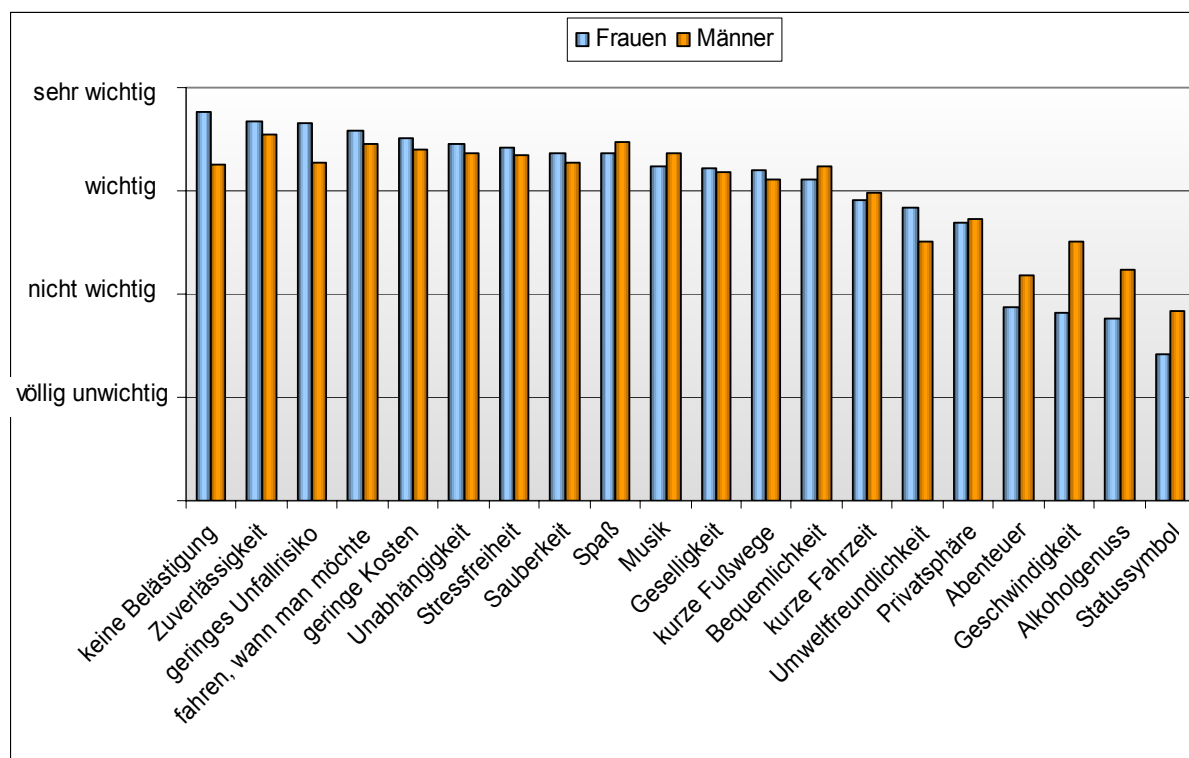


Abb. 3-4: Anforderungsprofil an den Zu- und Abgang von der Disco nach Geschlecht

Den höchsten Stellenwert im Anforderungsprofil weist die Zuverlässigkeit auf. Aber auch die Möglichkeit, zu fahren wann man will und zwar stressfrei und kostengünstig, wird von mehr als 90 % der Befragten als wichtig empfunden.

⁴³ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (1995). Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences, Köln.

Die Ergebnisse, unterschieden nach Geschlecht, stützen die These, dass Frauen ein erhöhtes Sicherheitsbedürfnis und Männer eine erhöhte Risikobereitschaft aufweisen. Der Forderung vor allem junger Frauen nach Sicherheit kann durch Sicherheitspersonal in den Fahrzeugen und Haustür-Haustür-Verkehr begegnet werden. Auch ein hoher Besetzungsgrad in öffentlichen Verkehrsmitteln kann das Unsicherheitsgefühl reduzieren. Junge Erwachsene, die auf der Heimfahrt von der Disco das Abenteuer suchen und ihr Fahrzeug als Statussymbol ansehen, lassen sich durch ein neues ÖPNV-Angebot weniger ansprechen. Die Analyse zeigt auch, dass gerade die letztgenannten Merkmale einen geringen Stellenwert in der Rangfolge der Anforderungen aufweisen.

Es stellt sich die Frage, welches Verkehrsmittel das Anforderungsprofil der Jugendlichen bereits am besten erfüllt. Mehrfachnennungen waren bei der Beantwortung dieser Frage möglich.

Am häufigsten werden dem Pkw die vorgegebenen Merkmale zugeordnet. Lediglich bezüglich des Alkoholkonsums vor und während der Fahrt, des Unfallrisikos sowie der Umweltfreundlichkeit werden der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel Vorteile gegenüber dem Pkw zugesprochen. Die Ambivalenz der Antworten wird bei der Feststellung deutlich, dass der ÖPNV sowohl für Langeweile als auch für Geselligkeit steht.

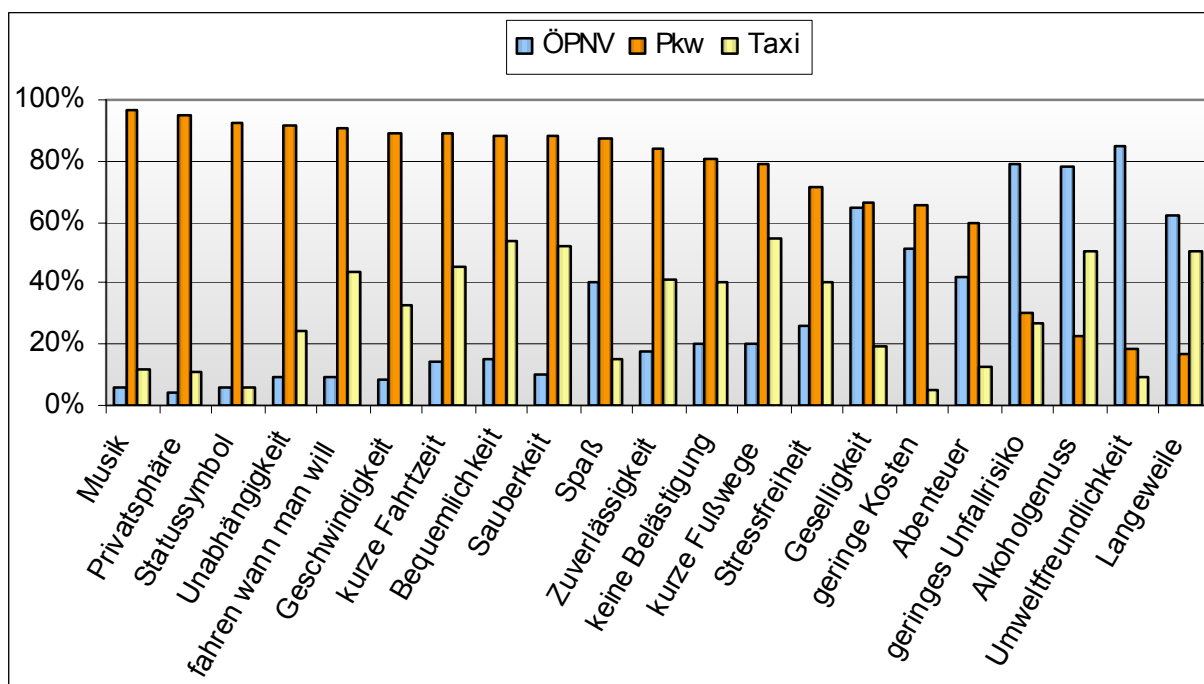


Abb. 3-5: Zuordnung der Merkmale auf Verkehrsmittel

Von Interesse ist außerdem, welche wichtigen Merkmale den einzelnen Verkehrsmitteln zugewiesen werden. Die Eigenschaften, zu fahren wann man möchte, Unabhängigkeit, eine kurze Fahrzeit, Zuverlässigkeit sowie ein geringes Risiko, Opfer von Belästigung zu werden, werden in erster Linie mit dem Pkw in Verbindung gebracht. Wenn auch nicht in gleicher Weise werden die geringen Kosten dem Pkw zugesprochen. In Anbetracht des hohen Besetzungsgrades, den private Pkw vor allem während der Nachtstunden aufweisen, spiegelt diese Einschätzung die Realität der Mitfahrer wider. Der ÖPNV schneidet lediglich bei dem wichtigen Merkmal „geringes Unfallrisiko“ gut ab.

Das Taxi weist insgesamt einen geringen Stellenwert auf. Trotz mit dem Pkw vergleichbarer Systemeigenschaften werden dem Taxi weit weniger Merkmale zugeordnet als dem Pkw. Dies liegt sicherlich an den geringeren Erfahrungen, die die Jugendlichen aufgrund des hohen Fahrpreises mit diesem Verkehrsmittel haben.

3.5 Zahlungsbereitschaft für ein verbessertes Angebot

Voraussetzung für Wirtschaftlichkeitsanalysen ist die Kenntnis der Zahlungsbereitschaft für ein verbessertes Angebot. Auch die finanzielle Situation junger Erwachsener ist von Interesse. Dieses Wissen kann Aussagen darüber zulassen, ob die geäußerte Zahlungsbereitschaft realistisch ist und gegebenenfalls für ein völlig neues Angebot sogar höher ausfallen könnte. Die Befragung hat ergeben, dass Jugendliche der ausgewählten Altersgruppe durchschnittlich (Median) verfügen über Mittel in Höhe von 90 €⁴⁴ pro Monat. Diese Größe unterliegt jedoch großen Streuungen, die sich vor allem aus der Zugehörigkeit zu einer Altersklasse ergeben. Pro Discobesuch werden durchschnittlich etwa 15 € ausgegeben.

⁴⁴ Angaben zur Zahlungsbereitschaft wurden im Verhältnis 1 € = 2 DM umgerechnet.

Aufgrund des insgesamt geringen verfügbaren Einkommens spielt die Höhe des Fahrpreises gerade für Jugendliche eine große Rolle.⁴⁵

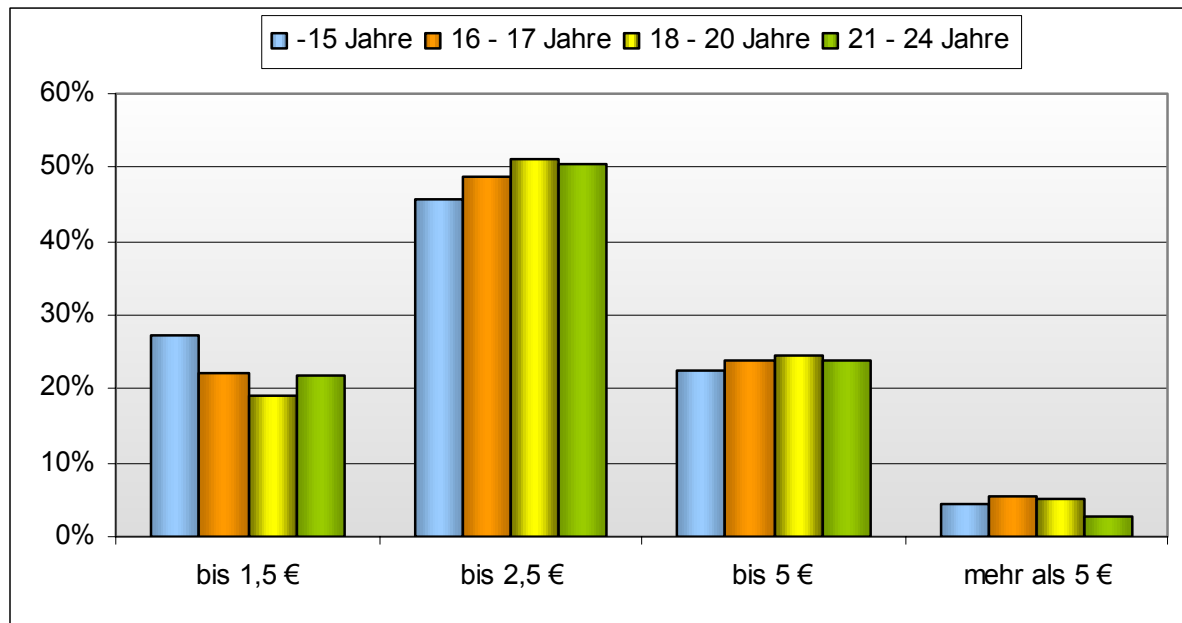


Abb. 3-6: Zahlungsbereitschaft nach Alter für ein zusätzliches ÖPNV-Ticket, das den sicheren Heimweg garantiert

Junge Erwachsene zwischen 18 und 20 Jahren zeichnen sich durch die höchste Zahlungsbereitschaft aus. Der Rückgang der Zahlungsbereitschaft in der Altersgruppe der 21-24-Jährigen resultiert daraus, dass in dieser Gruppe überdurchschnittlich viele Studierende vertreten sind. Die Mehrheit der Jugendlichen ist nach eigenen Angaben bereit, bis 2,5 € für ein Ticket auszugeben, was durchschnittlich 3 % ihres verfügbaren Monatseinkommens entspricht. Sicherlich ist die erklärte Bereitschaft zur Zahlung von durchschnittlich bis zu 2,5 € nicht grundsätzlich mit dem durchsetzbaren Preis gleichzusetzen, jedoch liefert dieses Ergebnis erste Anhaltspunkte für die Preisgestaltung.

Das ermittelte Anspruchsprofil kann als Grundlage der Überlegungen für alternative ÖPNV-Angebote dienen. Es ist zu erwarten, dass die Berücksichtigung der Ergebnisse der Anforderungsanalyse maßgeblich zur Wirtschaftlichkeit eines neuen Angebotes beiträgt.

⁴⁵ Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (1999). Anforderungen jüngerer Menschen an öffentliche Verkehrssysteme, Köln.

4 Entwicklung eines neuen Lösungsansatzes

4.1 Fragestellungen für ein das Linienangebot ergänzendes ÖPNV-System

Die Anforderungsanalyse hat gezeigt, dass die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel aus Sicht der jungen Fahrgäste derzeit mit vielen Nachteilen belegt ist. Dies gilt insbesondere für die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel während der Nachtstunden. Durch die Reduzierung des Angebotes auf wenige Linien und somit den Wegfall von Direktverbindungen ergeben sich auf den meisten Relationen lange Reisezeiten. Der zumeist sternförmige Verlauf der Nachtbuslinien teilt die Stadt in Sektoren, so dass sich in den Randgebieten große Einzugsbereiche der Haltestellen ergeben. Da die Vorhaltung eines ausgedehnten Linienangebotes aufgrund der geringeren Nachfrage nicht wirtschaftlich ist, bietet sich die Ergänzung des ÖPNV-Angebotes um weitere gegebenenfalls flexible Komponenten an.

Das im Ballungsraum existierende nächtliche ÖPNV-Angebot bildet nur die Basis, während ein ergänzendes Angebot die zeitlichen und räumlichen Lücken des ÖPNV-Angebotes füllt. Ziel eines solchen Angebotes ist es, eine bequeme Alternative zum Pkw zu schaffen, die sich durch eine geringe Reisezeit und einen möglichst geringen Fahrpreis auszeichnet.

Für den Hinweg zur Discothek kann überwiegend das reguläre ÖPNV-Angebot genutzt werden, so dass sich die folgenden Überlegungen auf die Sicherung des Heimweges konzentrieren.

Strategie 1: Erweiterung des ÖPNV-Angebotes um einen Disco-Hopper

Als eine das bestehende ÖPNV-Angebot ergänzende, wenn auch nicht flexible, Komponente kann der Disco-Hopper angesehen werden. Dieser ermöglicht eine verbesserte Erschließung der Sektoren zwischen den Nachtbuslinien. Der Disco-Hopper, betrieben als Ringlinie, verbindet die einzelnen Nachtbuslinien und kann zu einer erheblichen Reisezeitverkürzung bei Pendelbewegungen zwischen den Discotheken beitragen. Im Linienbetrieb fährt er ausschließlich festgelegte Haltestellen an und richtet sich nach einem Fahrplan.

Verkehrt der Disco-Hopper im Richtungsbandbetrieb, kann eine größere Fläche erschlossen werden. Bei dieser Betriebsweise werden Haltestellen innerhalb des Sektors optional angefahren, falls Fahrgäste im Bus darum bitten oder der Einstiegswunsch an einer Bedarfshaltestelle telefonisch mitgeteilt wird. Die damit verbundene Fahrzeitverlängerung wirkt sich nicht in jedem Fall auf die Gesamtreisezeit aus, da sich für einige Fahrgäste die Fußwege verkürzen.

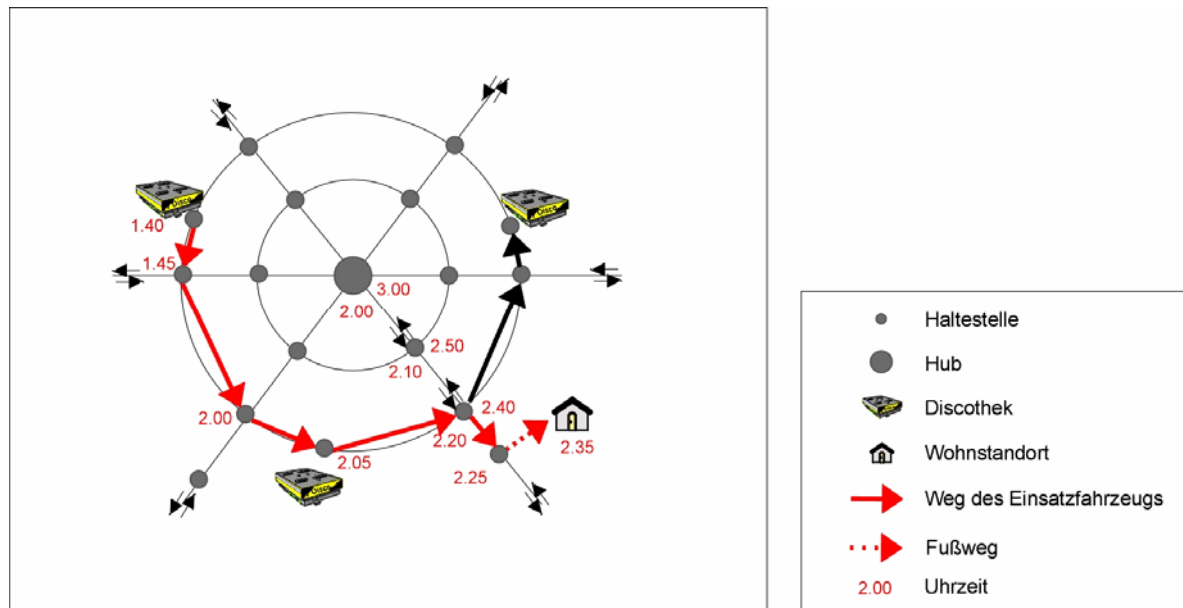


Abb. 4-1: Nutzung eines fahrplangebundenen Disco-Hoppers

In der Grafik sind jeweils die Ankunftszeiten an den Knoten (Haltestellen, Discotheken, Wohnstandorten) dargestellt. Der exemplarisch ausgewählte Discothekenbesucher benötigt, unter der Voraussetzung, dass beim Umstieg vom Disco-Hopper in den Nachtbus keine Wartezeiten entstehen, für seinen Heimweg 55 Minuten.

Als Zubringer zum bestehenden Nachtbusliniennetz ist der Disco-Hopper nur bedingt geeignet, da in der Regel der Hub als zentrale Umstiegshaltestelle dient und somit die Haltestellen, die sich entlang der Ringlinie befinden, nahezu zeitgleich angefahren werden. Für Fahrgäste, die an anderen Haltestellen umsteigen müssen, ergeben sich teils erhebliche Wartezeiten. Positiv für den Fahrgast stellt sich der geringe Fahrpreis dar. In der Regel gelten die allgemeinen ÖPNV-Tarife, so dass auch Zeitfahrkarten genutzt werden können.

Die Kosten für den Disco-Hopper entsprechen im Wesentlichen denen für ein konventionelles Linienangebot. Aufgrund der Systemgleichheit ist die Einrichtung eines solchen Angebotes für Verkehrsunternehmen mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand umzusetzen. Wirtschaftlich sinnvoll ist der Disco-Hopper bei einer hohen Nachfrage. Die Befragung der Discothekenbesucher hat jedoch gezeigt, dass Pendelbewegungen zwischen Discotheken eher selten sind und daher nicht mit einer hohen Nachfrage zu rechnen ist. Zudem wird das Angebot den Ansprüchen der Fahrgäste hinsichtlich Flexibilität nicht gerecht.

Strategie 2: Disco-Zubringer mit festgelegten Einstiegshaltestellen

Zur Reduzierung der Reisezeit kann das bestehende ÖPNV-Angebot um einen Disco-Zubringer ergänzt werden. Dieser bringt die Besucher von der Disco zur nächstgelegenen Haltestelle oder zum Hub. Die Abfahrtszeiten sind durch einen Fahrplan vorgegeben.

Aufgrund der oft kurzen Distanz kann eine kleine Taktfrequenz angeboten werden, ohne dass sich die Kosten für die Vorhaltung des Angebotes erhöhen. Jedoch richtet sich der zeitliche Verlauf der Nachfrage nach den Abfahrtszeiten der Nachtbusse, so dass im Wesentlichen ein Stundentakt ausreicht. Aus Wirtschaftlichkeitsaspekten sollte neben dem Takt auch die Kapazität der Fahrzeuge der Nachfrage angepasst werden.

In der nachfolgenden Grafik ist der Sonderfall dargestellt, dass es sich bei dem Anfragenden um den einzigen Fahrgast handelt und somit auf andere Fahrgäste keine Rücksicht genommen werden muss. Zur Verdeutlichung des Prinzips wird zudem die Annahme getroffen, dass nur ein Taxi bzw. ein Bus zur Verfügung steht.

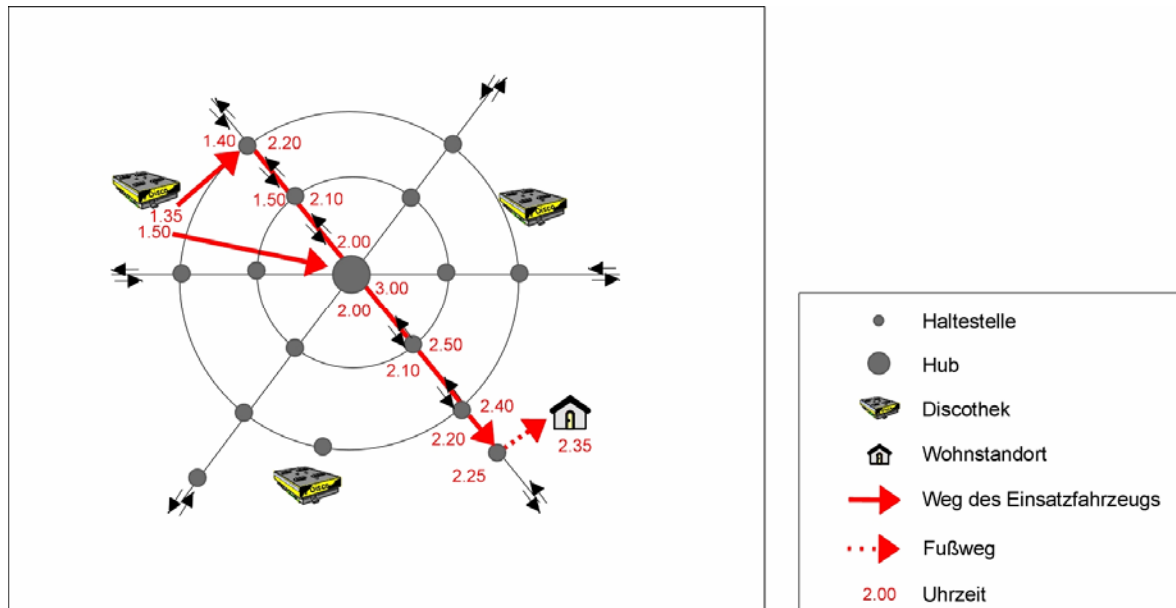


Abb. 4-2: Shuttle-Service: von der Discothek zu einem festgelegten Haltepunkt der Nachtbuslinien

Da sich mehrere Fahrgäste den Disco-Zubringer teilen, wird im Weiteren von einem Mehrfahrgast-Taxi gesprochen. Es wird unterstellt, dass sich der Einsatz von Mehrfahrgast-Taxis positiv auf den Fahrpreis auswirkt.

Die Initiative zur Errichtung eines Disco-Zubringers kann vom Discothekenbetreiber ausgehen. Dieser Service kann den Discothekenbesuchern gegebenenfalls kostenlos angeboten werden, falls er von den Besuchern als Qualitätsmerkmal der Discothek empfunden wird. Auch das Verkehrsunternehmen profitiert von einer Erhöhung der Fahrgastzahlen, so dass eine Kooperation zwischen Verkehrsunternehmen und Discothekenbetreibern sinnvoll sein kann.

Gegenüber dem Fußweg erreicht der Shuttle-Service eine höhere Luftliniengeschwindigkeit, so dass die Reisezeit zwischen Discothek und Einstiegshaltestelle geringer ausfällt. Die Reisezeit variiert in dem oben dargestellten Beispiel zwischen 60 Minuten, wenn die nächstgelegene Haltestelle angefahren wird und 42 Minuten, wenn der Zubringer den Fahrgast direkt zum Hub bringt.

Als Kritikpunkt muss festgehalten werden, dass auch dieses Angebot keine Antwort auf spontan auftretende Fahrtwünsche ist. Werden nur wenige festgelegte Einstiegshaltestellen angefahren, ist ein flexibler Einsatz des Mehrfahrgast-Taxis nicht möglich.

Strategie 3: Disco-Zubringer ohne Vorgabe einer Haltestelle

Bei dieser Strategie werden Mehrfahrgast-Taxis unter Berücksichtigung des Fahrplans mit dem bestehenden nächtlichen Linienangebot kombiniert. Ein reines Mehrfahrgast-Taxi-System zeichnet sich in der Regel durch hohe Betriebskosten aus. Wird keine Subventionierung vorgenommen, ergibt sich gerade bei der Zurücklegung längerer Wegstrecken für den Fahrgast ein hoher Fahrpreis, so dass in der Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV eine Lösung gesehen wird. Ergänzende Angebote können die zeitlichen und räumlichen Lücken des ÖPNV-Angebotes füllen.

Das Mehrfahrgast-Taxi dient als Zubringer von der Disco zur Haltestelle und als Abbringer von der Ausstiegshaltestelle zum Wohnstandort. Innovative Komponente dieses Modells ist die automatisierte Wahl der günstigsten Haltestelle in Abhängigkeit des Fahrplans unter Berücksichtigung eines möglichst hohen Besetzungsgrads. Dieser Lösungsansatz geht über die Bereitstellung von statischen Informationen, z.B. in Form von elektronischen Fahrplandaten weit hinaus, da die Fahrplandaten zwar genutzt, dann aber individuell mit dem Mehrfahrgast-Taxi verknüpft werden.

Ist die Einbeziehung des ÖPNV nicht sinnvoll, ist eine direkte Haustür-Haustür-Bedienung mit Mehrfahrgast-Taxis möglich. Damit erfüllt das System in hohem Maße den individuellen Fahrtwunsch.

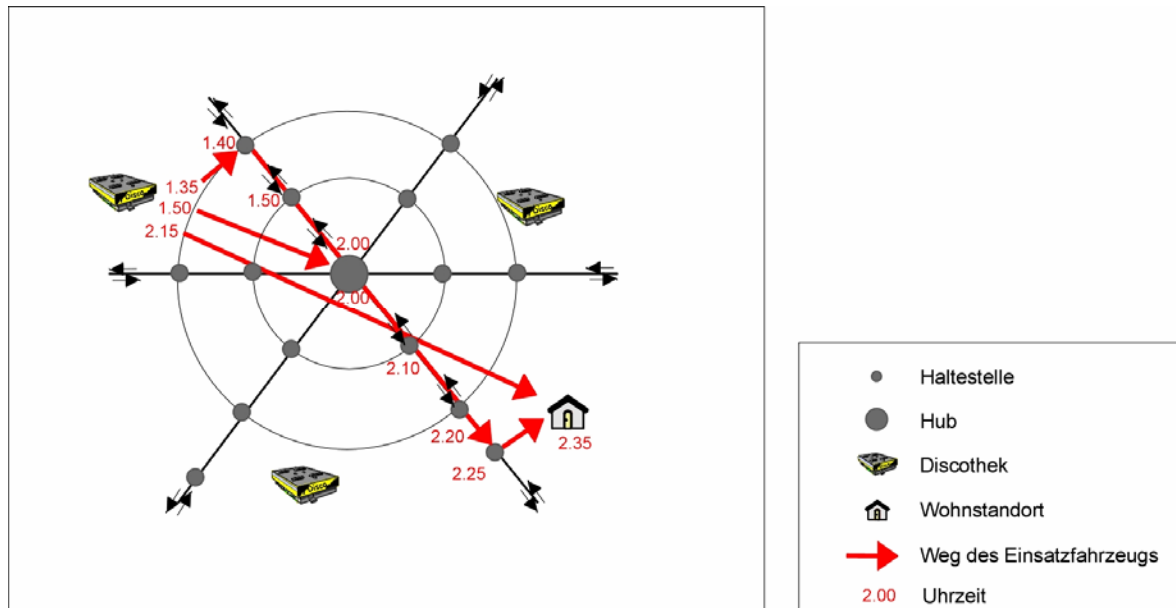


Abb. 4-3: Mehrfahrgast-Taxi: je nach Situation wird für den individuellen Fahrtwunsch entschieden, ob das Mehrfahrgast-Taxi als Zugangsshuttle, Disco-Hopper, Direkttaxi oder Abgangsshuttle eingesetzt wird

Die Reisezeit für das dargestellte Beispiel variiert zwischen 60 Minuten bei Nutzung des Mehrfahrgast-Taxis als Shuttle-Service zur nächsten Haltestelle und 20 Minuten, falls der Heimweg ausschließlich mit dem Mehrfahrgast-Taxi zurückgelegt wird.

Das Fehlen festgelegter Abfahrtszeiten erfordert für den Einsatz von Mehrfahrgast-Taxis eine Voranmeldung. Im Unterschied zum normalen Taxiverkehr werden bei diesem System die Fahrtwünsche kombiniert und in optimaler Weise abgearbeitet. Die Bestimmung der Route wird von einer Dispositionszentrale vorgenommen, die genaue Kenntnis über die Position der einzelnen Fahrzeuge hat.

Den Wünschen junger Erwachsener nach kurzen Warte- und Fahrzeiten kommt dieses Angebot entgegen. Gleichzeitig trägt die Haustür-Haustür-Bedienung dem erhöhten Sicherheitsbedürfnis gerade während der Nachtstunden Rechnung. Positiv auf den Fahrpreis wirken sich die Bündelung der Fahrtwünsche und die Einbeziehung des ÖPNV-Angebotes aus.

Entsprechend dieser ersten Überlegungen wird der Ansatz „ÖPNV und Mehrfahrgast-Taxi“ weiterentwickelt.

Eine innovative Komponente bildet die Suche nach einer geeigneten Ein- bzw. Ausstiegshaltestelle des ÖPNV. Geeignet sind die Haltestellen, die es dem Fahrgast ermöglichen, für einen Teil des Heimweges den ÖPNV zu nutzen. Der Einsatz von Mehrfahrgast-Taxis bedingt, dass es sich aus Sicht des einzelnen Fahrgastes nicht zwingend um die günstigste Haltestelle handelt. Beim kombinierten Ansatz liegt ein entscheidendes Problem daher in der Zuordnung der Fahrgäste zu Taxis.

Zur Umsetzung dieses Lösungsansatzes wird eine Tourenplanung benötigt. Im Vorfeld der Weiterentwicklung des Lösungsansatzes werden daher vorhandene Algorithmen hinsichtlich ihrer Eignung geprüft.

4.2 Optimierungsmethoden in der Tourenplanung

4.2.1 Exakte Lösungsverfahren

Vollständige Enumeration

Das Problem der Optimierung von Touren ist als Traveling-Salesman-Problem bekannt.⁴⁶ Ziel ist es, mit einem Fahrzeug die zeit- oder wegekürzeste Rundreise von einem Ausgangspunkt über verschiedene Knoten und wieder zurück zu ermitteln.

Die Zielfunktion lässt sich wie folgt darstellen:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} x_{ij} \Rightarrow \min$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{wenn in einer Tour die Knoten } i \text{ und } j \text{ unmittelbar nacheinander be-} \\ & \text{dient werden} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$$

für alle Knoten i und $j = 1, \dots, n$

d_{ij} = Entfernung von Knoten i nach Knoten j

Zur Lösung des Traveling-Salesman-Problems (TSP) werden in einem ersten Schritt die Längen aller möglichen Touren, die in Abhängigkeit der Reihenfolge der Knoten innerhalb der Tour variieren, ermittelt. Anschließend werden die Tourlängen miteinander verglichen und die kürzeste ausgewählt. Bei der kürzesten Strecke handelt es sich um das globale Optimum. Die Anzahl möglicher Kombinationen, n Knoten aufzusuchen, beträgt $n!$. Eine vollständige Enumeration kann daher nur bei Traveling-Salesmen-Problemen mit wenigen Knoten angewendet werden. Bereits bei 15 Knoten ergeben sich $1,3 \cdot 10^{12}$ Möglichkeiten, diese Knoten in einer Tour aufzusuchen.

⁴⁶ Buchholz, J.; Clausen, U.; Vastag, A. (Hrsg.) (1998). Handbuch der Verkehrslogistik, Berlin.

Geeignet ist die vollständige Enumeration z. B. für die Bildung einer Tour für ein einzelnes Anrufsammeltaxi. Sollen vier Fahrgäste von einer Haltestelle zu ihrem Wohnort gebracht werden, kann die kürzeste der $4! = 24$ möglichen Touren gewählt werden. Kommen Randbedingungen hinzu, ergibt sich als weiteres Problem die Zuordnung der einzelnen Ziele auf die Touren.

Diese Zuordnung ist bei der Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV aufgrund der engen Zeitschranken und der Kapazitätsbegrenzung zwingend notwendig. Die Ermittlung der günstigsten Ein- und Ausstiegshaltestelle stellt eine weitere Besonderheit dar, so dass vollständige Enumeration allenfalls zur Lösung eines Ausschnitts des vorliegenden Problems herangezogen werden kann.

Schnittebenenverfahren

Als eine weitere Methode zur exakten Lösung eines Tourenplanungsproblems ist das Schnittebenenverfahren, für das auch die Bezeichnungen Mengenpartitionierungsproblem oder Set-Partitioning gebräuchlich sind, herauszuheben.

Bei diesem Typ eines ganzzahligen Programms wird eine sequenzielle Vorgehensweise gewählt. In einem ersten Schritt werden die eingehenden Fahrtwünsche zu möglichen Bestellungen verknüpft.

Zur Lösung dieses Problems wird eine Matrix erzeugt, deren Zeilen die Fahrtwünsche und deren Spalten die möglichen Bestellungen darstellen. Die Matrixelemente werden mit a_{it} bezeichnet. Kann der Fahrtwunsch i in die Tour t integriert werden, hat das Element a_{it} den Wert 1, ansonsten den Wert 0.⁴⁷

Als Binärvariable wird x_t verwendet, die den Wert 1 erhält, falls die Bestellungen zum gewählten Tourenplan gehört. Für jede Tour ergeben sich Kosten c_t .^{48 49}

⁴⁷ Borndörfer, R.; Grötschel, M.; Klostermaier, F. & Küttner, Chr. (1997). Berliner Telebussystem bietet Mobilität für Behinderte, in: Der Nahverkehr, Heft 1-2.

⁴⁸ Borndörfer, R.; Grötschel, M. & Löbel, A. (2000). Der schnellste Weg zum Ziel, Berlin.

⁴⁹ Borndörfer, R.; Grötschel, M.; Klostermaier, F. & Küttner, Chr. (1997). Optimierung des Berliner Behindertenfahrdienstes, URL: <http://www.zib.de>.

Dieses Mengenpartitionierungsproblem kann folgendermaßen dargestellt werden:

$$\sum_{t=1}^n c_t x_t \Rightarrow \min$$

den:

Nebenbedingung:

$$\sum_{t=1}^n a_{it} x_t = 1$$

$x_t = \begin{cases} 1, & \text{wenn in einer Tour die Knoten } i \text{ und } j \text{ unmittelbar nacheinander be-} \\ & \text{dient werden} \end{cases}$

0, sonst

für alle Fahrtwünsche $i = 1, \dots, n$

Die Nebenbedingung bewirkt, dass jeder Fahrgast in genau einer Tour vorkommt. Anhand des folgenden einfachen Beispiels wird die Vorgehensweise erläutert.

Anzahl der Variablen:

$$N_{\text{Var}} = 6$$

Anzahl der Nebenbedingungen:

$$N_{\text{NB}} = n = 3 \text{ Knoten (oder 3 Fahrtwünsche)}$$

Kapazität:

$$\text{cap} = 2 \text{ Fahrgäste}$$

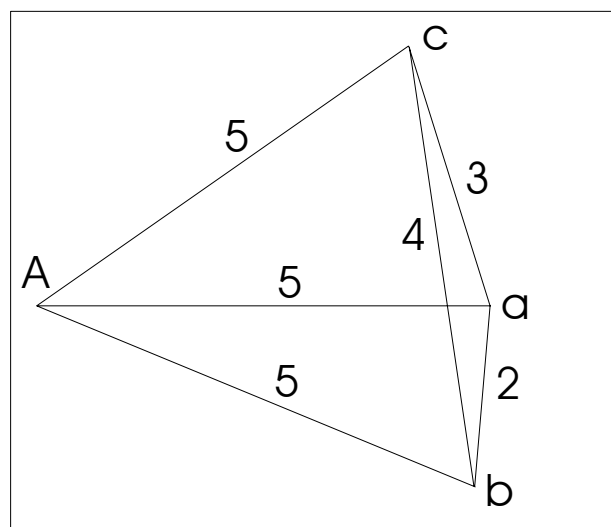


Abb. 4-4: Grafische Darstellung eines Tourenplanungssystems

Bei dem gewählten Beispiel werden drei Knoten von einem Ausgangspunkt A angesteuert. Gesucht ist der kürzeste Tourenplan, der sich aus mindestens zwei Touren zusammensetzt, da die Kapazität der Fahrzeuge bei zwei Fahrgästen liegt. Die Längen wurden den Kanten zugewiesen.

In der Matrix werden als Spalten die Längen, in den Zeilen die Fahrtwünsche aufgetragen.

Tab. 4-1: Matrix zur Erzeugung von Touren

		Tour					
Länge der Tour		c ₁	c ₂	c ₃	c ₄	c ₅	c ₆
		5	5	5	7	8	9
Fahrt-	a	1			1	1	
	b		1		1		1
	c			1		1	1
		x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆

In der Zielfunktion werden die Längen der Touren, die minimiert werden sollen, summiert.

Minimiere:

$$5 x_1 + 5 x_2 + 5 x_3 + 7 x_4 + 8 x_5 + 9 x_6$$

Die Nebenbedingungen legen fest, dass jeder Fahrtwunsch in genau einer Tour enthalten ist.

Nebenbedingung:

$$x_1 + x_4 + x_5 = 1$$

$$x_2 + x_4 + x_6 = 1$$

$$x_3 + x_5 + x_6 = 1$$

$$\text{Lösung: } 5 x_3 + 7 x_4 = 12$$

$$\text{mit } x_3 = x_4 = 1$$

Daraus ergibt sich, dass Fahrtwunsch a und b in einer Tour, anschließend Fahrtwunsch c bedient wird.

In einem zweiten Schritt werden die Bestellungen zu Touren zusammengefügt und auch hier wird sich der Set Partitioning Methode bedient. Es wird die günstigste Kombination von Touren gesucht, in der jede Bestellung genau einmal einhalten ist.

Ist die Anzahl der Fahrtwünsche und auch die Kapazität der Fahrzeuge deutlich größer, nimmt auch die Anzahl der Möglichkeiten in der Weise zu, dass eine optimale Lösung mit den heutigen Rechnern nicht zu erzielen ist. In diesen Fällen wird auf den Simplex-Algorithmus und die Technik der Spaltengenerierung zurückgegriffen (vgl. Domschke⁵⁰). Bei diesen Verfahren wird zuerst lediglich eine Auswahl an Touren betrachtet, in denen jeder Fahrgast mindestens einmal berücksichtigt wird, um durch lineare Programmierung für dieses Teilproblem eine optimale Lösung zu erhalten. In Iterationsschritten wird jeweils eine zusätzliche Tour erzeugt und überprüft, ob die Kosten (Weglänge) geringer sind.

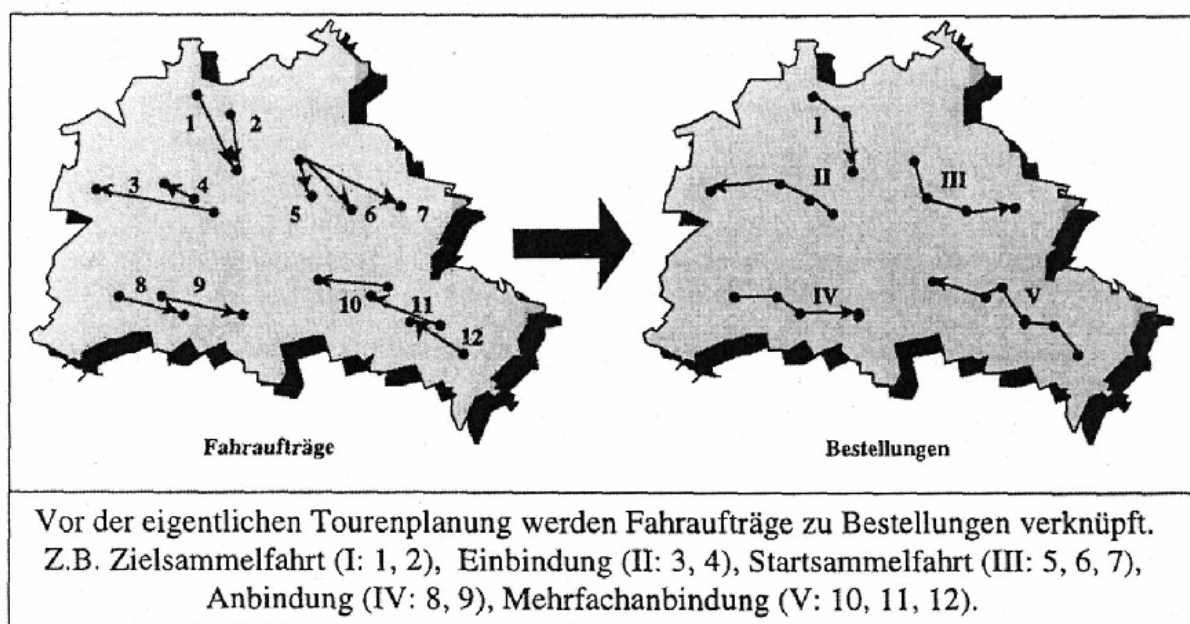


Abb. 4-5: Verknüpfung von Fahraufträgen zu Touren beim Berliner Behindertentaxi, Quelle: Borndörfer, R.; e.a. (1997).

Die Zusammenstellung von Fahrtwünschen zu Touren muss beim Einsatz von Mehrfahrgast-Taxis generell durchgeführt werden. Die Mengenpartitionierungsmethode kann jedoch nur angewendet werden, wenn die Fahrtwünsche zum Zeitpunkt der Berechnung bekannt sind. Des Weiteren schließen Zeit-

⁵⁰ Domschke, W. (1997). Logistik: Rundreisen und Touren, München.

schränken viele Lösungen aus, so dass zusätzliche Berechnungen durchgeführt werden müssen. Als problematisch erweist sich die Einbeziehung des ÖPNV-Angebotes, da die geeignete Haltestelle und somit das Ziel in Abhängigkeit des Fahrplans festgelegt wird.

4.2.2 Heuristische Lösungsverfahren

Übersicht

Vollständige Enumeration ist bei den meisten praktischen Anwendungen nicht durchführbar. Parallel zur Suche nach exakten Verfahren wurden daher Heuristiken entwickelt, durch deren Verwendung der Aufwand bei der Suche nach einer zulässigen Lösung reduziert werden kann. Heuristische Methoden zeichnen sich dadurch aus, dass die Menge der Lösungen durch die Definition von Regeln reduziert wird, zu dem Preis, dass lediglich eine suboptimale Lösung, bzw. Annäherung an die exakte Lösung gefunden wird. Unterschieden wird zwischen Sukzessivverfahren, die sich wiederum nach den Verfahren Route first – cluster second und Cluster first – route second klassifizieren lassen und Simultanverfahren, bei denen das Zuordnungs- und Tourenplanungsproblem gleichzeitig betrachtet werden.

Bester Nachfolger

Für praktische Anwendungen bietet sich die Bestimmung einer Rundreise durch das Verfahren „Bester (oder nächster) Nachfolger“ an.⁵¹ Bei diesem Verfahren wird zu Beginn aus der Menge der zu integrierenden Knoten ein beliebiger Knoten ausgewählt. In jedem weiteren Schritt wird die Tour um den jeweils nächsten noch nicht zugeordneten Knoten ergänzt.

Fahrgast i wird Nachfolger von Fahrgast $i-1$ und für die Entfernung gilt:

$$d_{i-1, i} = \min d_{i-1, i}$$

für alle Fahrgäste $i \neq 1, \dots, i-1$

⁵¹ Domschke, W. (1997).

Einen Nachteil dieses Verfahrens stellt dar, dass das vom Ausgangspunkt zweitnächste Ziel gegebenenfalls als letztes aufgesucht wird. Aus Fahrgast-sicht können sich daher große Umwege ergeben.

Sweep-Verfahren

Das Sweep-Verfahren, 1974 von Gillett und Miller⁵² entwickelt, ist der Methode route first – cluster second zuzuordnen. Dabei wird zuerst die Bedienreihenfolge aller Fahrgäste bestimmt und in einem zweiten Schritt werden die Fahrgäste in Abhängigkeit von Zeitschranken und der Kapazität der Fahrzeuge zusammengefasst.

Das Sweep-Verfahren lässt sich in vier Teile zerlegen.

1. Zuordnung der Fahrgäste auf Taxistandplätze
2. Festlegung einer Tour
3. Zuordnung der Fahrgäste zu Touren unter Berücksichtigung von Randbedingungen
4. Bestimmung der Fahrgastreihenfolge innerhalb der Touren

Zur Bestimmung des günstigsten Taxistandplatzes (Schritt 1) wird für jeden Fahrgast der Wert h_i berechnet, der das Verhältnis der Entfernungen zum nächstgelegenen (d'_i) und zweitnächstgelegenen Taxistandplatz (d''_i) darstellt:

$$h_i = \frac{d'_i}{d''_i}$$

$$d'_i = \min d_{ti}$$

$$d''_i = \min d_{ti} \text{ ohne } d'_i$$

für alle Fahrgäste $i = 1, \dots, n$

für alle Taxistandplätze $t = 1, \dots, n$

⁵² Gillett, B.E. und Miller, L.R. (1974). A heuristic algorithm for the vehicle-dispatch problem in: Operations Research 22, S. 340-349.

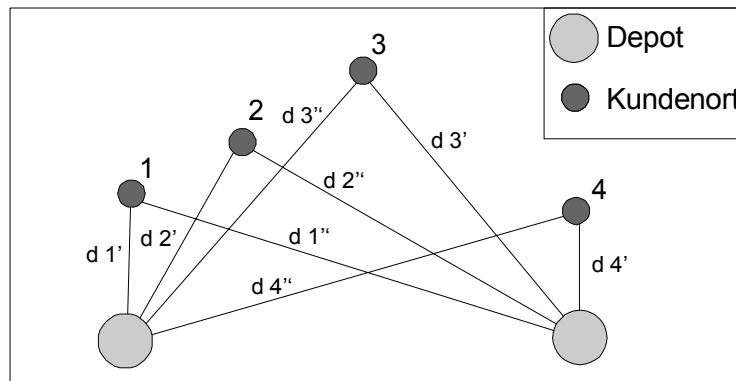


Abb. 4-6: Entfernung des Fahrgastes zum nächst- und zweitnächstgelegenen Taxistandplatz

Die Fahrgäste werden anschließend jeweils dem nächstgelegenen Taxistandplatz zugeordnet. Geht der Quotient h_i jedoch gegen 1 und sind somit die beiden nächstgelegenen Taxistandplätze in etwa gleich weit entfernt, wird der Umweg ermittelt, der sich ergäbe, wenn dieser Ort i zwischen zwei Fahrgästen j und j' , die bereits einem Taxistandplatz zugeordnet sind, auf einer gemeinsamen Tour bedient würde.

In einem zweiten Schritt wird ein Tourenplan erstellt. Dabei wird der Taxistandplatz dem Ursprung eines Koordinatensystems gleichgesetzt und der Polarwinkel jedes Fahrgastes bestimmt. Die Fahrgäste werden aufsteigend nach ihrem Polarwinkel sortiert.

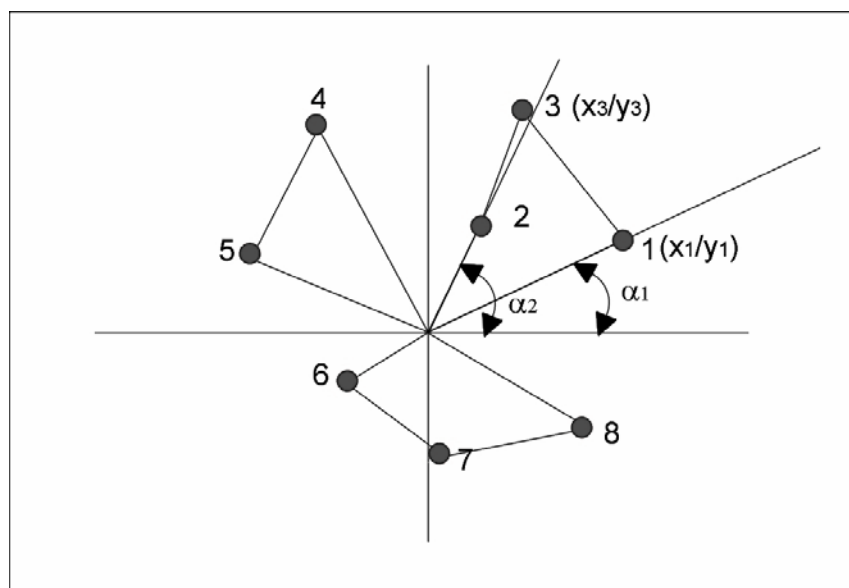


Abb. 4-7: Bildung eines Tourenplans

$$\alpha_i = \arctan \frac{y_i}{x_i}$$

mit x_i, y_i : kartesische Koordinaten des Fahrgastes i

Anschließend (Schritt 3) werden die Fahrgäste entsprechend der festgelegten Reihenfolge Fahrzeugen zugeordnet, bis deren Kapazitätsgrenze oder eine Zeitschranke erreicht ist. Weiterhin gilt es, den günstigsten Anfangskunden zu ermitteln. Beginnend mit jedem einzelnen Fahrgast werden deshalb neue Segmente und die Längen der sich ergebenden Touren bestimmt.

In einem weiteren Schritt (Schritt 4) schließt sich die eigentliche Tourenplanung an, bei der entschieden wird, in welcher Folge, die innerhalb eines Segments sich befindenden Fahrgäste, aufgesucht werden. Die günstigste Reihenfolge wird gespeichert.

Können mit einem Fahrzeug nur wenige Kunden angefahren werden, ist es möglich, die exakte Lösung des Rundreiseproblems zu berechnen, ansonsten müssen zur Optimierung der Tour wiederum Heuristiken gefunden werden.

Hier ist vor allem das von Croes (1958)⁵³ und Lin (1965)⁵⁴ entwickelte 2-opt bzw. 3-opt-Verfahren zu nennen, bei dem zwei oder mehr Kanten durch andere Kanten ersetzt werden. Kann durch die weitere Vertauschung von Kanten keine bessere Tour gefunden werden, wird die Tour als 3-optimal bzw. 2-optimal bezeichnet. Eine Zusammenfassung der lokalen Suchverfahren findet sich bei Domschke, W. (1997).

Die durch das Sweep-Verfahren behandelten Problemstellungen liegen auch bei der Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV vor. Die Zuordnung der Fahrgäste auf Taxis nach Entfernung ist sinnvoll. Besondere Anforderungen an den Algorithmus stellt jedoch die Online-Betrachtung der Fahrtwünsche, so dass sich das Sweep-Verfahren nur zur Lösung von Teilproblemen eignet.

⁵³ Croes, G. (1958). A method for solving traveling salesman problems. *Operations Research*, 6, 791-812.

⁵⁴ Lin, S. (1965). Computer Solutions of the Traveling Salesman Problem. *The Bell System Technical Journal* Vol. 44, No. 10, Dec. 1965, S. 2245-2269.

Savings-Algorithmus

Grundgedanke des Savings-Algorithmus⁵⁵ ist, dass durch die Verbindung zweier Kunden zu einer Tour, die Rückfahrt vom ersten Kunden und die Hinfahrt zum zweiten Kunden überflüssig werden. Diese Einsparung reduziert sich um die Strecke zwischen dem ersten und zweiten Kunden.

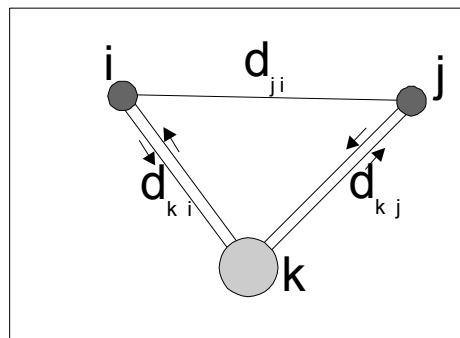


Abb. 4-8: Bestimmung der Saving-Werte

$$s_{ij} = 2d_{ki} + 2d_{kj} - (d_{ki} + d_{ij} + d_{kj})$$

$$= d_{ki} + d_{kj} - d_{ij}$$

Zu Beginn des Verfahrens werden für alle Kundenstandorte die Saving-Werte ausgerechnet und der Größe nach sortiert. Ziel ist es, die Summe der Saving-Werte zu maximieren und entsprechend dieser Vorgabe, die Knoten miteinander zu verbinden.

Eine Verknüpfung der Knoten i und j wird vorgenommen, falls

- beide Knoten nicht bereits zur selben Tour gehören,
- beide Knoten jeweils entweder der erste und letzte Kundenort einer Tour sind und
- die Kapazitätsgrenze nicht erreicht ist.⁵⁶

Eine Schwäche des Savings-Algorithmus liegt darin, dass bevorzugt weit entfernte Ziele abgearbeitet werden. Gerade bei einer begrenzten Kapazität der

⁵⁵ Clarke, G. und Wright, J.W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. in: Operations Research 12, S. 568-581.

⁵⁶ Eberhard, U. (1987). Mehr-Depot-Tourenplanung, München.

Fahrzeuge ist teilweise bereits visuell zu erfassen, dass es sich nicht um die günstigste Tour handelt.

Einschränkungen erfahren sowohl der Savings- als auch der Sweep-Algorithmus, da häufig Randbedingungen eingehalten werden müssen. Als Randbedingung treten vor allem Zeitschranken in den Vordergrund, da Kunden oft nur innerhalb einer Zeitspanne bedient werden können.

Aufgrund der unterschiedlichen Problemstellungen wurden in den letzten Jahren Algorithmen entwickelt, die dieser Vielfalt angepasst werden können.

Naturanaloge Verfahren

Seit einigen Jahren finden vor allem naturanaloge Methoden, die auf Erscheinungen in der Natur basieren, Eingang in die Tourenplanung. Bei diesen heuristischen Methoden wird berücksichtigt, dass es sich bei einem gefundenen Optimum um ein lokales Optimum handeln kann. Nur wenn auch Verschlechterungen der bisher ermittelten Lösung zugelassen werden, ist es möglich, das Suboptimum zu verlassen und eine demgegenüber bessere Lösung zu finden.⁵⁷

Eine Erscheinung in der Natur liegt auch dem von Kirkpatrick⁵⁸ und Cerny⁵⁹ entwickelten Verfahren „Simulated Annealing“⁶⁰ zugrunde. Bei diesem Verfahren werden bei der Suche nach dem Optimum auch prozentuale Verschlechterungen gegenüber der bereits gefundenen Lösung zugelassen. Diese Verschlechterung wird mit einer sukzessiv abnehmenden Annahmewahrscheinlichkeit $P(\Delta)$ akzeptiert, so dass am Ende des Verfahrens nur noch Verbesserungen möglich sind.

⁵⁷ Domschke, W. (1997). Logistik: Rundreisen und Touren, München.

⁵⁸ Kirkpatrick, S.; Gelatt, Jr.; Vecchi, M. P. (1983). Optimization by Simulated Annealing; in: Science 220.

⁵⁹ Cerny, V. (1985). Thermodynamical Approach to the Travelling Salesman – An Efficient Simulation Algorithm, Journal of Optimazation Theory 45.

⁶⁰ Simulierte Abkühlung

Die Verschlechterung $\Delta > 0$ wird akzeptiert, wenn

$$P(\Delta) = e^{\frac{-\Delta}{T}} > \gamma$$

mit $T > 1$ Temperatur

$\alpha < 1$ Abkühlungsfaktor

γ gleichverteilte Zufallszahl im Intervall (0,1).

Für die nächste Iteration ergibt sich $\alpha = T \cdot \alpha$

Ebenfalls den lokalen Suchverfahren sind die Verfahren Threshold Accepting (TA), Great Deluge Algorithmus oder Sintflut Algorithmus (DG) und Ruin & Recreate (RR) zuzuordnen. Gerade mit letzterem können sehr gute Ergebnisse erzielt werden.⁶¹

Der Vorteil dieser Algorithmen liegt in der hohen Ergebnisgüte bei gleichzeitig akzeptabler Rechenzeit. Aufwendig hingegen gestalten sich die Ermittlung von zweckmäßigen Parametern und die Anpassung des Verfahrens an konkrete Probleme.⁶²

Eine weitere Gruppe bilden die mengenbasierten Algorithmen, zu denen die Methode „Tabu Research“ zählt. Bei diesem Verfahren wird die Nachbarschaft einer bereits gefundenen Lösung nach Verbesserungen abgesucht. Findet sich keine Verbesserung, wird der Zielfunktionswert als Ausgangspunkt für weitere Iterationen gewählt, der gegenüber der gefundenen Lösung die geringste Verschlechterung aufweist. Um ein Pendeln zwischen den Lösungen zu verhindern, wird die bessere Lösung für eine gewisse Anzahl von Zügen mit einem Tabu belegt. Aus allen innerhalb einer maximalen Rechenzeit oder nach einer vorgegebenen Anzahl von Iterationen ermittelten Lösungen wird die beste Lösung und der zugehörige Zielfunktionswert ausgewählt.⁶³

Ebenfalls einen hohen Bekanntheitsgrad weisen die Genetischen Algorithmen auf. Bei dieser Methode ergibt sich das Optimum aus einem evolutionären

⁶¹ Dueck, G. (2000). Wild Duck, Empirische Philosophie der Mensch-Computer-Vernetzung, Heidelberg.

⁶² Feige, H. (2001). Entscheidungsunterstützungssysteme – Naturanaloge Verfahren, UTPP: www.logistik.wiso.uni-erlangen.de.

⁶³ Buchholz, J.; Clausen, U.; Vastag, A. (Hrsg.) (1998). Handbuch der Verkehrslogistik, Berlin.

Prozess in Anlehnung an die Genetik. Für zufällig oder mit Hilfe eines Eröffnungsverfahrens gefundene Rundreisen (Ausgangspopulation) wird jeweils die „Fitness“, die sich in der Länge der Tour äußert, ermittelt. Mit einer Wahrscheinlichkeit proportional zur Fitness gehen die Rundreisen in einen Genpool ein. Da die Populationsgröße über die einzelnen Iterationsschritte konstant bleibt, gehen von den Rundreisen mit hoher Fitness auch Kopien in den Genpool über, so dass überwiegend günstige Rundreisen in dem Genpool vorhanden sind.⁶⁴

Nach der Selektion der besten Rundreisen werden die Knoten entsprechend den Gesetzen der Genetik (Mutation, Rekombination) neu sortiert, so dass neue Rundreisen entstehen, die wiederum hinsichtlich ihrer Fitness geprüft werden. Der Algorithmus wird so oft durchlaufen, bis ein vorzugebendes Abbruchkriterium erreicht ist.

Trotz der großen Erfolge hinsichtlich der Genauigkeit, die mit diesen neuen Verfahren erzielt werden können, basieren die meisten Tourenplanungsprogramme auf dem Savings- bzw. dem Sweep-Algorithmus.

In der Praxis ist die Handhabbarkeit der Algorithmen häufig stärker gefragt als die Annäherung des Ergebnisses an die optimale Tour. Dies gilt insbesondere, da eine individuelle Anpassung an das Problem vorgenommen werden muss.

4.3 Optimierungsaufgaben bei einem kombinierten System „Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV“

Das Einsatzfeld der vorgestellten Algorithmen liegt vor allem im Bereich der Logistik. Der Kostendruck erfordert die Bestimmung von möglichst günstigen Touren und wirkt sich positiv auf die Entwicklung von Optimierungsprogrammen aus.

Die Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV weist jedoch sehr komplexe Fragestellungen auf, so dass sich die bekannten Algorithmen allenfalls zur Lösung von Teilproblemen heranziehen lassen.

⁶⁴ Wendt, O. (1995). Tourenplanung durch Einsatz naturanaloger Verfahren – Integration von Genetischen Algorithmen und Simulated Annealing, Wiesbaden.

Gemein haben die vorgestellten Algorithmen, dass die Tourenplanung jeweils für vorgegebene Knoten durchgeführt wird. Um dem hohen Anspruch potenzieller Fahrgäste an die Flexibilität des Systems gerecht zu werden, sollen jedoch auch spontan auftretende Fahrtwünsche erfüllt werden. Eine endgültige Disposition vor Tourbeginn kann nicht durchgeführt werden, stattdessen ist eine ständige Anpassung der Tour erforderlich. Es ist deshalb unerlässlich, einen entsprechenden Lösungsansatz zu entwickeln.

Bei der Entwicklung eines neuen Algorithmus müssen die unterschiedlichen Interessen der betroffenen Gruppen berücksichtigt werden.

Aus der Perspektive des Fahrgastes zeichnet sich eine attraktive Heimfahrt von der Disco durch eine geringe Reisezeit aus. Weitere Anforderungen sind ein geringer Fahrpreis und eine geringe Wartezeit. Der Fahrgast setzt außerdem voraus, dass der Fahrtwunsch auch tatsächlich erfüllt und somit eine Mobilitätsgarantie gegeben wird.

Die Betreiber (Taxi- und Verkehrsunternehmen) streben in erster Linie eine Gewinnmaximierung an. Der Gewinn ist von der Nachfrage und somit den Fahrgeldeinnahmen auf der einen Seite und den Kosten auf der anderen Seite abhängig. Ziel ist es daher, die Fahrgastkilometer zu maximieren. Dabei konkurrieren die Interessen der Taxi- und der Verkehrsunternehmen miteinander, da die Maximierung der Fahrgastkilometer für das eine Verkehrsmittel zulasten des anderen Verkehrsmittels erzielt werden kann.

Ein weiterer Beteiligter ist die Gesellschaft, vertreten durch die Politik. Im Interesse der Politik liegt, dass ein neues Angebot die Sicherheit erhöht und die Umweltbelastung senkt. Gegenüber einer Fahrt mit dem privaten Pkw zeichnet sich eine Fahrt mit dem ÖPNV und dem Taxi durch ein deutlich geringeres Unfallrisiko aus. Wird davon ausgegangen, dass sich die Nutzer eines kombinierten Angebotes, bestehend aus Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV in der gleichen Weise zusammensetzen wie die Discothekenbesucher insgesamt, kann ein solches Angebot tatsächlich zur Reduzierung der Unfallzahlen beitragen. Maßnahmen, die diesen Zielen genügen, können grundsätzlich gefördert werden. Die Förderung von Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit ist jedoch in der Regel auf eine Anschubfinanzierung, ohne die eine Maßnahme sonst nicht durchführbar wäre, begrenzt. Läuft die Finanzierung aus, muss das Angebot wirtschaftlich sein und sich am Markt behaupten, da es andernfalls eingestellt wird.

Im Zuge begrenzter öffentlicher Mittel wird der Wirtschaftlichkeit eines neuen Angebotes ein hoher Stellenwert beigemessen. Durch Kenntnis des Nachfragepotenzials und der Zahlungsbereitschaft können die Kosten, die ein neues Angebot erzeugt und die zu erwartenden Fahrgeldeinnahmen abgeschätzt werden. Aus wirtschaftlicher Sicht ist deshalb von Interesse, ob der Kostendeckungsgrad im Ballungsraum günstiger ausfällt als im ländlichen Raum oder ob ein solches Angebot hier sogar eigenwirtschaftlich betrieben werden kann. Taxi- und ÖPNV-Unternehmen werden sich dauerhaft in dem Bereich nur einbringen, wenn das Nutzen-Kosten-Verhältnis größer 1 ist.

Es ist zu erwarten, dass die Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV den Interessen der beteiligten Gruppen entgegen kommt. Im Rahmen der Untersuchung ist daher zu klären, ob ein kombiniertes System Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV die Attraktivität öffentlicher Verkehrsmittel steigert. Zudem ist von Interesse, ob die Bündelung von Fahrtwünschen und die Einbeziehung des bestehenden ÖPNV-Angebotes zu einer Reduzierung des Fahrpreises für den Fahrgast führen.

5 Lösungsansatz für ein kombiniertes System „Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV“

5.1 Grundidee des Lösungsansatzes

Das kombinierte System „Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV“ zeichnet sich dadurch aus, dass Jugendliche von der Disco zu einer Haltestelle des ÖPNV und von der Ausstiegshaltestelle nach Hause gebracht werden. Im Gegensatz zu bisherigen Shuttlebus-Angeboten wird keine bestimmte, sondern die in Abhängigkeit des Fahrplans zum aktuellen Zeitpunkt günstigste Haltestelle angefahren. Der Zu- und Abgang wird mit Mehrfahrgast-Taxis durchgeführt. Neben der Einbeziehung des ÖPNV kann sich somit auch die Bündelung von Fahrtwünschen positiv auf den Fahrpreis auswirken.

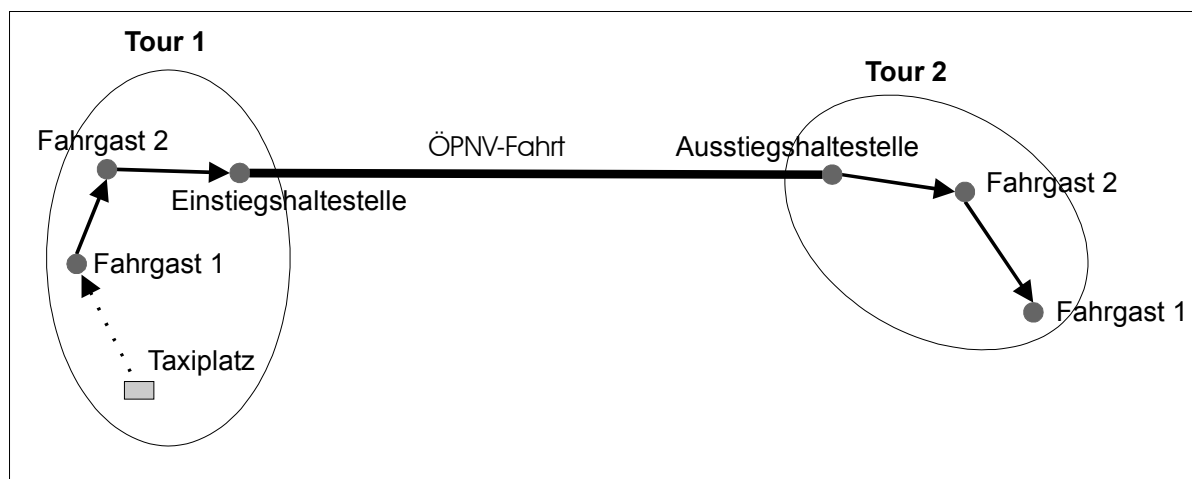


Abb. 5-1: Grafische Darstellung des kombinierten Ansatzes⁶⁵

Bei der Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV setzt sich die Reisezeit aus der Abholwartezeit, der Taxifahrt 1, der ÖPNV-Fahrzeit und der Taxifahrt 2 zusammen. Ist die Einbeziehung des ÖPNV nicht sinnvoll, entfallen die ÖPNV-Fahrzeit und die Taxifahrt 2.

⁶⁵ Rode, S. (2003). MoDis – increasing public transport use by young adults at night, Traffic Engineering & Control, Vol 44 No 6, Hemming Group, London.

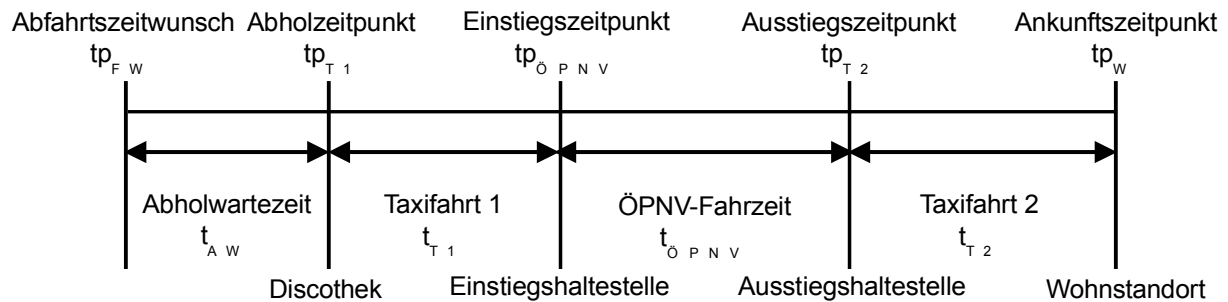


Abb. 5-2: Zeitanteile der Reisezeit

5.2 Entwicklung eines Lösungsansatzes

5.2.1 Bestimmung der besten ÖPNV-Verbindung zwischen zwei Haltestellen

Aufgrund der Komplexität des Problems wird eine sequenzielle Vorgehensweise gewählt. Der Lösungsansatz gliedert sich in drei Module. Beim ersten Modul handelt es sich um ein Routensuchprogramm, das auf der Grundlage des ÖPNV-Fahrplans die besten Verbindungen zwischen allen Haltestellen in Abhängigkeit aller möglichen Abfahrtszeiten berechnet.

Die Zielfunktion lautet:

$$t_{kij} \Rightarrow \min$$

t_{kij} Fahrzeit zwischen Haltestelle i und j zur Abfahrtszeit k

für alle Abfahrtszeiten $k = 1, \dots, n$

für alle Einstiegshaltestellen $i = 1, \dots, n$

für alle Ausstiegshaltestellen $j = 1, \dots, n$

Zur Ermittlung der möglichen Verbindungen zwischen den Haltestellen i und j mit der Abfahrtszeit k von der Haltestelle i werden in einem ersten Schritt alle Linien L_i ermittelt, auf deren Linienweg sich die Haltestelle i befindet. Anschließend wird für die gefundenen Linien L_i überprüft, ob auch die Haltestelle j von den Linien L_i angefahren wird.

Wird ein einmaliges Umsteigen zugelassen, muss zusätzlich überprüft werden, ob eine Linie L_i eine gemeinsame Haltestelle mit Linie L_j hat. Um auch Verbindungen zu erhalten, bei denen zweimal umgestiegen werden muss, wird für alle Linien, die eine gemeinsame Haltestelle mit L_i haben, überprüft, ob diese Linien auch eine gemeinsame Haltestelle mit L_j haben.

Ermittlung möglicher Verbindungen:

kein Umsteigevorgang

wenn $L_i = L_j$

ein Umsteigevorgang

wenn $H(L_i) \cap H(L_j) \neq \emptyset$

zwei Umsteigevorgänge

wenn $H(L_i) \cap H(L_k) \neq \emptyset \text{ und } H(L_j) \cap H(L_k) \neq \emptyset$

L_i = Linie, die Haltestelle i anfährt

$H(L_i)$ = Haltestelle entlang des Linienweges der Linie, mit Haltestelle i

für alle Haltestellen $i, j, k = 1, \dots, n$

Für jede Abfahrtszeit an der Haltestelle i wird die zeitgünstigste Verbindung zu Haltestelle j gespeichert. Die integrierte Fahrplanauskunft gibt für jeden Abfahrtszeitwunsch die Verbindung, deren Ankunftszeit an der Zielhaltestelle am frühesten liegt, aus. Weisen verschiedene Verbindungen die gleiche Ankunftszeit auf, wird die Verbindung mit der kürzesten Reisezeit gewählt.

Sind Umsteigevorgänge zwischen zwei teilweise parallel verlaufenden Linien notwendig, wird vorzugsweise eine mit einer Priorität belegte Umstiegshaltestelle gewählt. Um die Wartezeiten außerhalb des Fahrzeugs bei gleicher Gesamtreisezeit zu minimieren, eignet sich als Umstiegshaltestelle vor allem der zentrale Verknüpfungspunkt. Zudem treffen dort viele Umsteiger zusammen, was sich neben der in der Regel besseren Ausstattung des Hubs mit Beleuchtung und Sitzgelegenheiten positiv auf das Sicherheitsempfinden der Fahrgäste auswirkt. Ist keine der möglichen Umstiegshaltestellen mit einer Priorität versehen, wird die erste gemeinsame Haltestelle als Umstiegshaltestelle gewählt.

Vor allem im Hinblick auf die Übertragbarkeit des Ansatzes auf ein größeres Planungsgebiet und damit ÖPNV-Angebot erscheint es unumgänglich, Restriktionen festzulegen. Um Verbindungen, die sich durch inakzeptable Umstände wie eine hohe Umwegigkeit und Reisezeit auszeichnen, herauszufiltern, wird die Luftliniengeschwindigkeit für alle ermittelten Best-Verbindungen berechnet. Die Luftliniengeschwindigkeit ergibt sich aus der Luftlinienentfernung und der Reisezeit. Auf eine genaue Berücksichtigung des Linienweges kann verzichtet werden.

Unterschreitet die Luftliniengeschwindigkeit eine vorgegebene Grenzkurve, kann die Verkehrsqualität als unzureichend bezeichnet werden und damit ist die Verbindung als Angebot nicht sinnvoll. Die Grenzkurve der Luftliniengeschwindigkeit bildet eine Funktion in Abhängigkeit der Luftlinienentfernung, dessen Konstanten sich in Abhängigkeit der Verkehrsqualität verändern.

Für die Grenzkurve gilt:

$$\min v_{\text{Luft}} = a + b \cdot \ln(l_{\text{Luft}}) \quad [\text{km/h}]$$

mit:

v_{Luft} : Luftliniengeschwindigkeit [km/h]

l_{Luft} : Luftlinienentfernung [km]

Die Parameter a und b sind entsprechend den Angaben in den Grundlagen der Differenzierung der RAS-N, Teil: Stadtregionen zu wählen.⁶⁶

⁶⁶ Schönharting, J., Bruckmann, D., Stöcker, K., et al. (2001). Grundlagen einer Differenzierung der RAS-N, Teil Stadtregionen, Schlussbericht, Forschungsprogramm Stadtverkehr, FE-Nr.: 77416/97, Seite 145, Bergisch Gladbach.

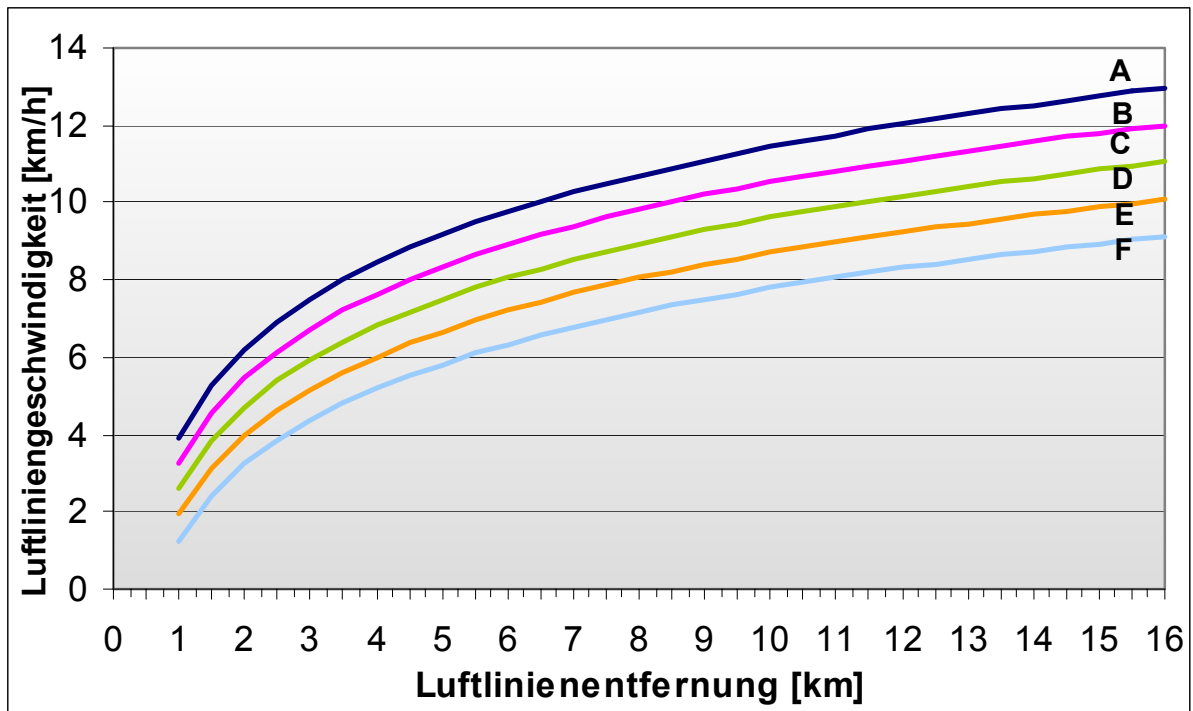


Abb. 5-3: Grenzkurve der Qualitätsstufen der Luftliniengeschwindigkeit im ÖPNV, Quelle: Schönharting, J. (2001)

Die geforderte Verkehrsqualität ist variabel, so dass je nach Zielgruppe ein höherer oder niedrigerer Level gewählt werden kann. Für die Zielgruppe „Junge Erwachsene auf Discowegen“ wird die Qualitätsstufe D als unterste Grenze der Zumutbarkeit bestimmt.

Minimale Luftliniengeschwindigkeit:

für Verbindungsqualitätsstufe D

Parameter

a : 1,9292

b : 2,0406

$$\min v_{\text{Luft}} = 1,9292 + 2,9406 \cdot \ln(l_{\text{Luft}}) \quad [\text{km/h}]$$

für $l_{\text{Luft}} > 1 \text{ km}$

mit:

v_{Luft} : Luftliniengeschwindigkeit [km/h]

l_{Luft} : Luftlinienentfernung [km]

In hohem Maße in die Beurteilung der Verkehrsqualität geht die Umsteigehäufigkeit ein. Es ist daher sinnvoll, je nach Anspruch an das Angebot die Umsteigehäufigkeit zu begrenzen. Nur Verbindungen, bei denen maximal zwei Mal umgestiegen werden muss, werden gespeichert, andernfalls wird eine Einbeziehung des ÖPNV-Angebotes nicht in Betracht gezogen.

Maximale Umsteigehäufigkeit:

$$\max x_u = 2$$

x_u Anzahl der Umsteigevorgänge

Als Ergebnis des ersten Moduls kann aus der Datenbank mit den zeitkürzesten Verbindungen zwischen zwei Haltestellen für einen beliebigen Abfahrtszeitwunsch jeweils die Verbindung ausgewählt werden, die sich durch die früheste Ankunftszeit an der Haltestelle auszeichnet.

5.2.2 Bestimmung der besten Haustür-Haustür-Verbindung

Im zweiten Modul des Lösungsansatzes wird nicht mehr ausschließlich die Fahrt zwischen zwei Haltestellen betrachtet, sondern auch der Zu- und Abgang zur Haltestelle in die Überlegungen einbezogen. Das zweite Modul errechnet für vorgegebene Fahrtwünsche (Abholzeit, Quell-, Zieladresse) die x zeitkürzesten Verbindungen (z.B. $x = 10$). Der Zu- und Abgang von der Haltestelle wird in Abhängigkeit der Entfernung zu Fuß oder mit dem Taxi zurückgelegt.

Zu Beginn der Berechnung steht an vorgegebenen Taxistandplätzen eine unbegrenzte Anzahl an Taxis zur Verfügung. In einem ersten Schritt werden jedem Fahrtwunsch alle Verbindungen, bei denen die Einstiegshaltestelle näher am Ausgangspunkt liegt als die Ausstiegshaltestelle, gegenübergestellt. Besteht die Möglichkeit, von der Quelladresse die Einstiegshaltestelle und von der Ausstiegshaltestelle die Zieladresse unter Beachtung von Randbedingungen mit dem Taxi oder zu Fuß zu erreichen, wird diese Verbindung gespeichert. Eine Anfahrtszeit von einem Taxistandplatz zu der Discothek wird im zweiten Modul nicht berücksichtigt. Jedem Fahrgast, der den ÖPNV nutzen kann, wird eine Verbindung zugewiesen, die sich aus einer Abholwartezeit, einer Taxifahrt 1, einer Fahrzeit im ÖPNV und einer Taxifahrt 2 zusammensetzt.

Als Bestweg gilt die Verbindung, die die geringste Gesamtfahrzeit aufweist und gleichzeitig die vorgegebenen Restriktionen einhält.

Zur Reduzierung der Datenmenge gelten folgende Randbedingungen für alle Verbindungen. Nur wenn Verbindungen diese Mindestqualitätsstufe erreichen, werden sie auch gespeichert.

Maximale Anzahl an Verbindungen: **100**

Maximale Wartezeit auf Taxi: **15 min**

Luftliniengeschwindigkeit: **$\min v_{\text{luft}} = a + b \cdot \ln(l_{\text{luft}})$ [km/h]**
mit $a = 1,9292$, $b = 2,9406$

Minimaler Anteil der Strecke im ÖPNV: **0,3**

Maximale Fahrzeiterhöhung gegenüber der Taxifahrzeit für den direkten Weg:
2,5

Die Ergebnisse werden entsprechend der Reihenfolge:

Gesamtfahrzeit (min.)

$$t_{T1} + t_{\text{ÖPNV}} + t_{T2}$$

Ankunftszeitpunkt am Ziel (min.)

$$tp_w$$

Anzahl der Umsteigevorgänge (min.)

$$x_u$$

Summe der Wartezeiten im ÖPNV (min.)

$$\sum_{i=1}^n t_{w(\text{ÖPNV})i}$$

für alle Wartezeiten $i = 1, \dots, n$

Wartezeit bei einem Umsteigevorgang (min.)

$$t_{\text{ÖPNVW}}$$

sortiert.

Die Grenzkurve für die Luftliniengeschwindigkeit, die im ersten Modul vor allem dazu dient, unattraktive reine ÖPNV-Verbindungen herauszufiltern, kann im zweiten Modul genutzt werden, um ausschließlich Verbindungen herauszu-

suchen, die inklusive Zu- und Abgang eine ausreichende Verkehrsqualität aufweisen.

$$v_{luft} = a + b \cdot \ln(l_{luft}) \quad [\text{km/h}]$$

mit a und b in Abhängigkeit der geforderten Verbindungsqualität

für $l_{Luft} > 1 \text{ km}$

$$v_{luft} = a + b \cdot \ln(l_{luft}) \quad [\text{km/h}]$$

mit $a = -14,73$

$b = 3$

für $0,5 \text{ km} \leq l_{Luft} < 1 \text{ km}$

$$v_{luft} = 4 \text{ km/h}$$

für $l_{Luft} < 0,5 \text{ km}$

mit:

v_{luft} : Luftliniengeschwindigkeit [km/h]

l_{luft} : Luftlinienentfernung [km]

Minimale Luftliniengeschwindigkeit: entsprechend der gewählten Verbindungsqualitätsstufe

$$\frac{d_{DW}}{t_{T1} + t_{ÖPNV} + t_{T2}} > \min v_{luft} \quad [\text{km/h}]$$

mit d_{DW} = Luftlinienentfernung zwischen Disco und Wohnung [km]

Entsprechend den Anforderungen an die Qualität kann auch die maximal zulässige Abholwartezeit frei gewählt werden. Es ist zu erwarten, dass die Begrenzung der maximalen Abholwartezeit in der Regel zu einer Verringerung der möglichen Verbindungen mit ÖPNV bzw. zu mehr Kunden führt, deren Fahrtwünsche ausschließlich mit einem Taxi erfüllt werden können. Über die Abholwartezeit lässt sich somit zum einen die Qualität des Angebots für den Fahrgast und zum anderen die Anzahl der Fahrgäste des ÖPNV regulieren.

Maximale Abholwartezeit: Zeit, zwischen Auftreten des Fahrtwunsches und der Abfahrt mit dem Taxi

$$\max t_{AW} = x \quad [\text{min}]$$

Es wurde ein Mindestzeitanteil ÖPNV vorgegeben, nachdem erste Analysen gezeigt hatten, dass ansonsten als beste Verbindung überwiegend die Direktfahrt mit dem Taxi auftritt. Demnach gilt für fast alle Quell-/Zielrelationen, dass die Pkw-Reisezeit bei Staufreiheit unter der günstigsten ÖPNV-Reisezeit liegt.

Mindestzeitanteil ÖPNV: Zeit der Fahrt im ÖPNV, bezogen auf die Zeit für Direktfahrt mit dem Taxi

$$\frac{t_{\text{ÖPNV}}}{t_{T1} + t_{T2}} > x \quad [-]$$

Jedem, der x zeitlichen Bestwege werden die

- Reisezeit
- Anzahl der Umsteigevorgänge
- Wartezeit bei einem Umsteigevorgang
- Summe der Wartezeiten im ÖPNV insgesamt

zugeordnet. Eine Sortierung und statistische Auswertung nach den genannten Merkmalen ist anschließend möglich. Für Fahrtwünsche, denen keine ÖPNV-Verbindung zugewiesen werden konnten, wird die direkte Fahrt mit dem Taxi in die Datenbank eingetragen.

5.2.3 Bündelung von Fahrtwünschen für den Zu- und Abgang zum ÖPNV

Das dritte Modul sieht die Bündelung der Fahrtwünsche auf Grundlage der ermittelten Verbindungen vor.

Bei der Bündelung der Fahrtwünsche wird als zusätzliche Größe eine Reservierungszeit eingeführt. Diese Reservierungszeit wird notwendig, da bei der Bündelung anders als bei der Berechnung der besten Haustür-Haustür-Verbindung auch die Anfahrtszeit vom Taxistandplatz zur Disco berücksichtigt

wird. Zumindest die besten Verbindungen für einen Fahrtwunsch können ohne Reservierungszeit in der Regel nicht erreicht werden. Zudem ist eine Bündelung nur möglich, wenn gegenüber der Abfahrtszeit bei der besten Verbindung eine Verschiebung des Abholzeitpunktes nach vorne zugelassen wird.

Die zulässige Abholwartezeit entspricht daher mindestens der Reservierungszeit. Die tatsächliche Abholwartezeit unterschreitet jedoch in vielen Fällen die Reservierungszeit. Als Basis für den Bündelungsalgorithmus dienen die in Modul 2 berechneten Verbindungen für alle Fahrtwünsche.

Das nachfolgende Ablaufdiagramm zeigt die Struktur des Bündelungsalgorithmus auf.

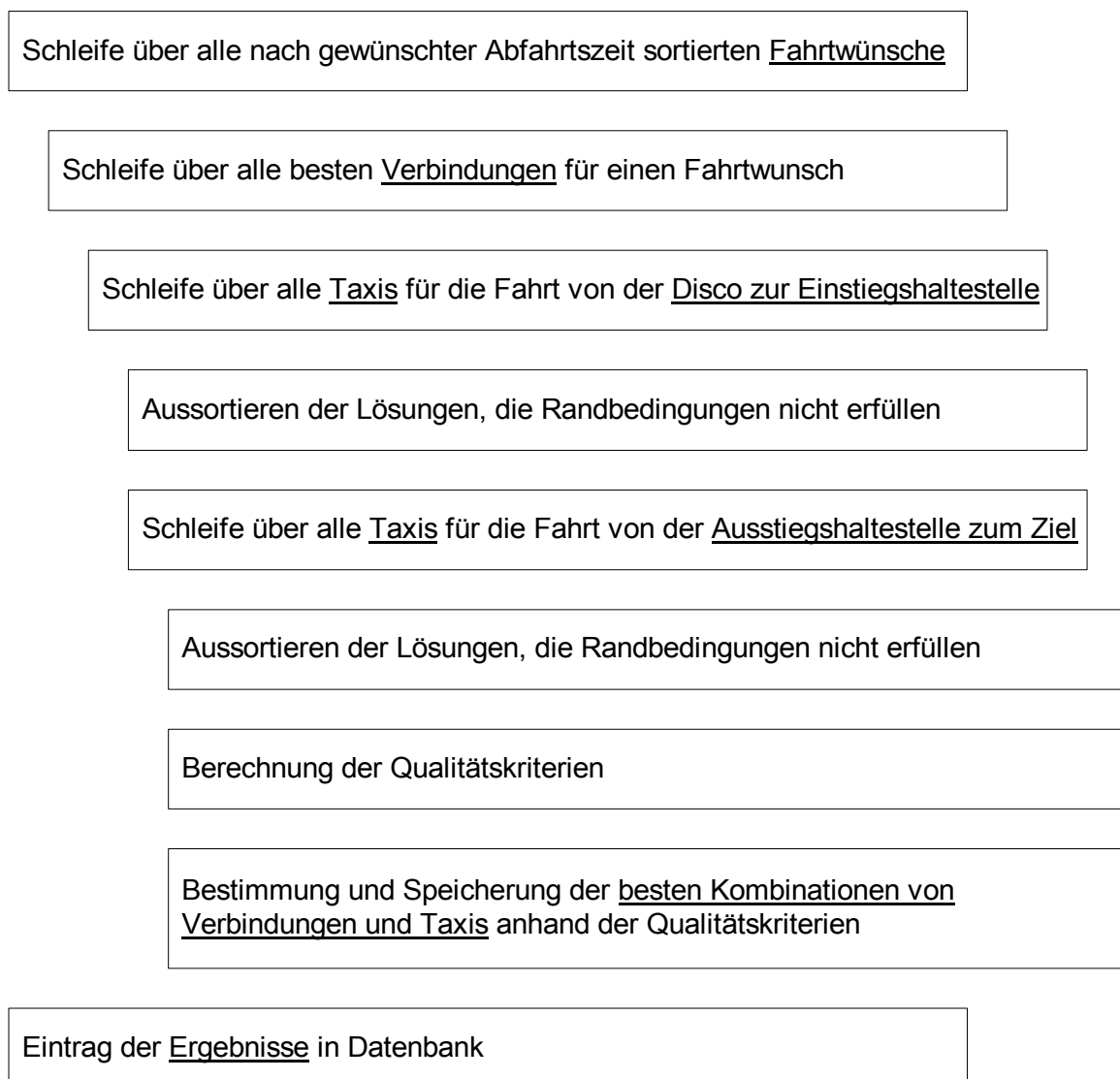


Abb. 5-4: Programmstruktur der Bündelung

Kann kein sich bereits im Einsatz befindendes Taxi den Fahrtwunsch erfüllen, übernimmt das räumlich nächste leere Taxi diesen Fahrtwunsch, um die Leerkilometer zu minimieren.

Die Zeitempfindlichkeit ist bei der Disposition von Personen sehr hoch, so dass eine Fahrzeitverlängerung zugunsten der Gesamtfahrzeit aller Fahrgäste vom einzelnen Fahrgast nur bedingt toleriert wird. Außerdem ist der Fahrgast an zuverlässigen Angaben über die Fahrzeit interessiert. Bei der Festlegung der Bedienungsreihenfolge ist daher das Prinzip „first come – first serve“ ausschlaggebend. Die Tour des ersten Fahrgastes kann nur innerhalb vorgegebener Zeitschranken geändert werden, so dass ihm ein Zeitfenster zugewiesen wird, innerhalb dessen eine Bedienung des Fahrtwunsches stattfinden muss. Da das Zeitfenster eines zum Ausgangspunkt nähergelegenen Ziels früher liegt, werden zuerst die nahen, dann die entfernten Ziele angesteuert. Bei dieser Vorgehensweise können dem Fahrgast vor Fahrtantritt relativ genaue Angaben zu der Tour übermittelt werden.

Um dem Fahrgast einen niedrigen Fahrpreis anbieten zu können, wird ein möglichst hoher Bündelungsgrad angestrebt. Den Kunden interessiert neben dem Fahrpreis vor allem die Warte- und Reisezeit. Je nach Anforderung an das System können diese Qualitätsmerkmale begrenzt werden.

Fahrgastbezogene Randbedingungen:

- Maximale Abholwartezeit
- Maximale Fahrzeitverlängerung der Tour im Vergleich zur Direktfahrt

Taxibezogene Randbedingungen:

- Priorität für die Berücksichtigung von Taxi-Leerkilometern

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} \cdot a_{ij} \Rightarrow \min$$

- Priorität für die Berücksichtigung von Taxi-Besetzkilometern

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_{ij} \cdot a_{ij} \Rightarrow \max.$$

mit $a_{ij} = 1$, wenn besetzt

0, wenn leer

d_{ij} = Entfernung zwischen i und j

Zur Berechnung der mit dem Taxi und dem ÖPNV zurückgelegten Entfernungen werden die Luftlinienentfernungen mit einem Faktor multipliziert:

Tab. 5-1: Umwegfaktoren⁶⁷

Taxi	1,3
ÖPNV	1,4

⁶⁷ Theis, H. (1985). Reisezeiten im ÖPNV. In: Verkehr und Technik, 1/1995 S. 32-35

Der modulare Aufbau und die Funktion der einzelnen Module sind in der folgenden Grafik dargestellt.

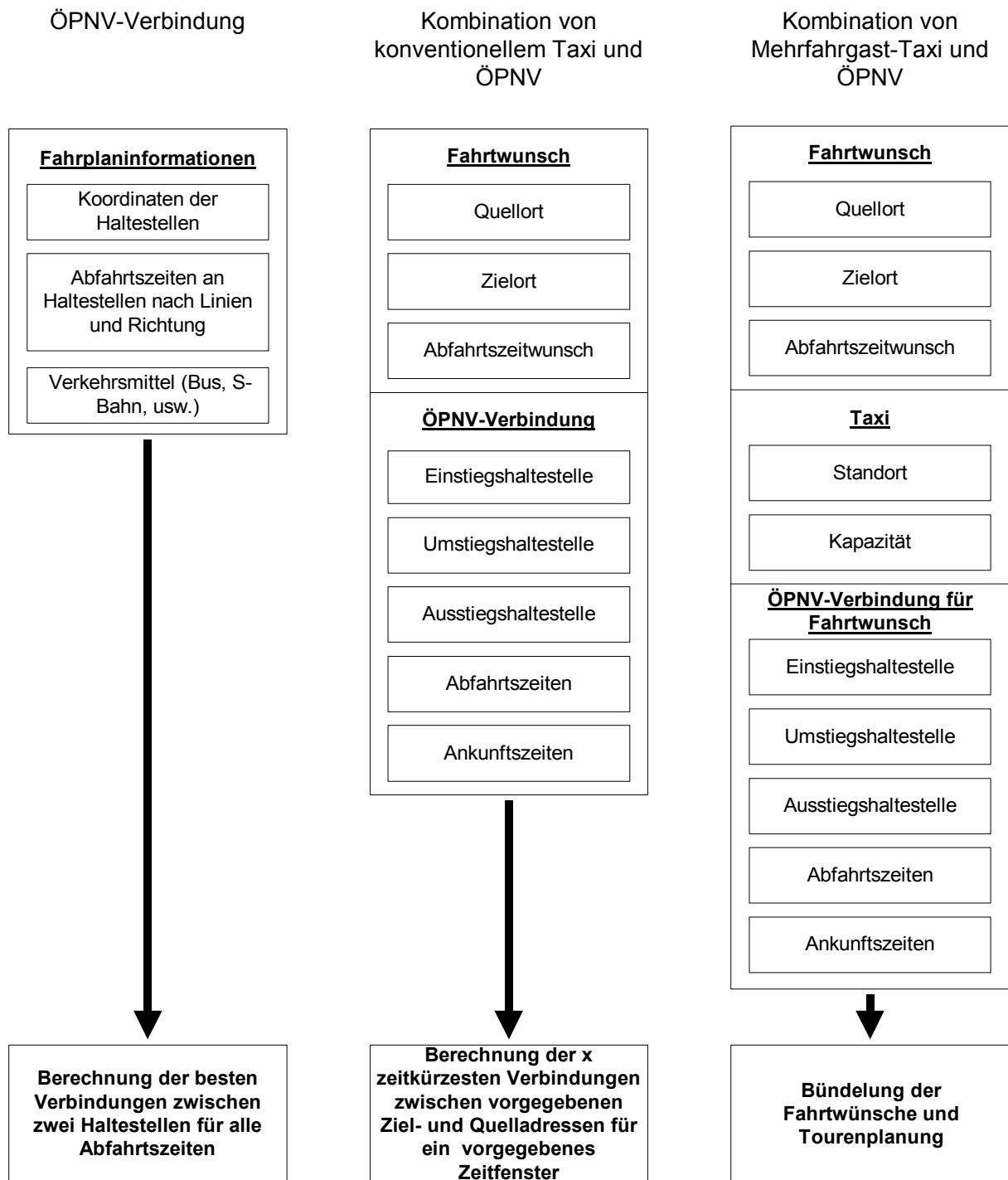


Abb. 5-6: Struktur des Lösungsansatzes

Modul 1 basiert auf den Fahrplandaten des ÖPNV-Angebotes innerhalb des Planungsraumes. Die besten ÖPNV-Verbindungen zwischen zwei Haltestellen wiederum dienen gemeinsam mit vorgegebenen Fahrtwünschen als Eingabedaten zur Berechnung der zeit kürzesten Haustür-Haustür-Verbindungen. Zur

Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV werden neben den Ausgabedaten aus Modul 2 Informationen bezüglich der Taxistandorte und die Kapazität der Taxis benötigt.

Der aufgezeigte Lösungsansatz wurde von der Firma Scolaware⁶⁸ in ein Programmsystem umgesetzt. Verwendet wurde die objektorientierte Programmiersprache C++.

Die Ergebnisse der einzelnen Module stehen in Form von Datensätzen für eine Auswertung zur Verfügung. Von Bedeutung sind vor allem die Ausgabedaten des zweiten und dritten Moduls, da sie eine Beurteilung der Kombination von konventionellem Taxi und ÖPNV und von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV erlauben.

Als ein Akronym wird für den Lösungsansatz im Folgenden die Bezeichnung KOMET verwendet.⁶⁹

⁶⁸ Scolaware GbR, Taunusstein.

⁶⁹ Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV.

6 Simulation der Wirkungen des kombinierten Systems „Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV“ am Beispiel des Ruhrgebiets

6.1 Einführung

Die Anpassung des Lösungsansatzes an die Anforderungen junger Erwachsener an ein Mobilitätsangebot lässt eine hohe Nachfrage erwarten. Die Vorteile, die sich aus der Nutzung des Systems ergeben, gilt es im Vorfeld einer Umsetzung nachzuweisen. Im Folgenden wird daher insbesondere die Vereinbarkeit von Forderungen nach kurzen Reisezeiten und Flexibilität und gleichzeitig einem geringen Fahrpreis untersucht. So ist zu klären, welche Abhängigkeiten zwischen der Qualität (Wartezeiten, Luftliniengeschwindigkeiten, Umsteigehäufigkeiten) und dem Fahrpreis bestehen. Anhand von Simulationsrechnungen wird die Praxistauglichkeit der Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und konventionellem ÖPNV überprüft.

Ziel ist es, die Wirkungen eines kombinierten Systems „Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV“ auf den Fahrgast, den Taxiunternehmer und das Verkehrsunternehmen abzuschätzen.

6.2 Datenmaterial

6.2.1 Abgrenzung des Planungsraums

Die Einrichtung eines kombinierten Systems „Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV“ für Discothekenbesucher bietet sich vor allem in städtisch geprägten Gebieten an, da hier überwiegend ein nächtliches ÖPNV-Angebot existiert. Als geeigneter Ballungsraum wird das Ruhrgebiet gewählt. Charakteristisch für das Ruhrgebiet ist seine polyzentrische Struktur, die sich sowohl auf die Standorte von Discotheken als auch auf das ÖPNV-Angebot auswirkt.

Bei einer ersten Zusammenstellung der relevanten Daten zeigte sich, dass aufgrund der Größe des Ruhrgebietes und der daraus resultierenden Datenmenge eine Einbeziehung aller Ruhrgebietsstädte zur Überprüfung der Algorithmen nicht sinnvoll ist. Ein wichtiges Kriterium für die Eignung als Planungsraum ist, dass ein attraktives ÖPNV-Angebot existiert, damit die Vernetzung der Systeme ÖPNV und Mehrfahrgast-Taxi in vielen Fällen möglich wird. Zudem sollte ein schienengebundenes ÖPNV-Angebot vorhanden sein, um vor

allem die zu erwartenden Vorteile der Einbeziehung des schnellen ÖPNV gerade auf längeren Strecken zu erfassen. Die Betrachtung lediglich einer Stadt reicht daher nicht aus. Die geforderten Voraussetzungen und ausgeprägte Quell-Ziel-Relationen weisen die beiden Städte Bochum und Essen auf, welche somit als Planungsraum ausgewählt wurden.

6.2.2 Wegeketten und Verkehrsmittelwahl

Die Entwicklung eines Modells zur Abbildung der Discomobilität erfordert die Kenntnis des nächtlichen Mobilitätsaufkommens auf Disco-Wegen. An dieser Stelle kann auf Ergebnisse der bereits vorgestellten Studie MoDis zurückgegriffen werden.

Die Auswertung des Wegefragebogens (vgl. Anhang 1) ergab, dass knapp 34 % der Befragten an dem Stichtag vier und mehr Wege zurückgelegt haben. Mehr als 65 % der Befragten haben die Discothek nicht auf direktem Wege erreicht oder verlassen.

Eine typische Wegekette zeichnet sich dadurch aus, dass die Jugendlichen zuerst Freunde treffen, dann eine Kneipe aufsuchen, anschließend zur Disco fahren und von dort aus den Heimweg antreten. Durchschnittlich werden 3 Wege pro Abend zurückgelegt.

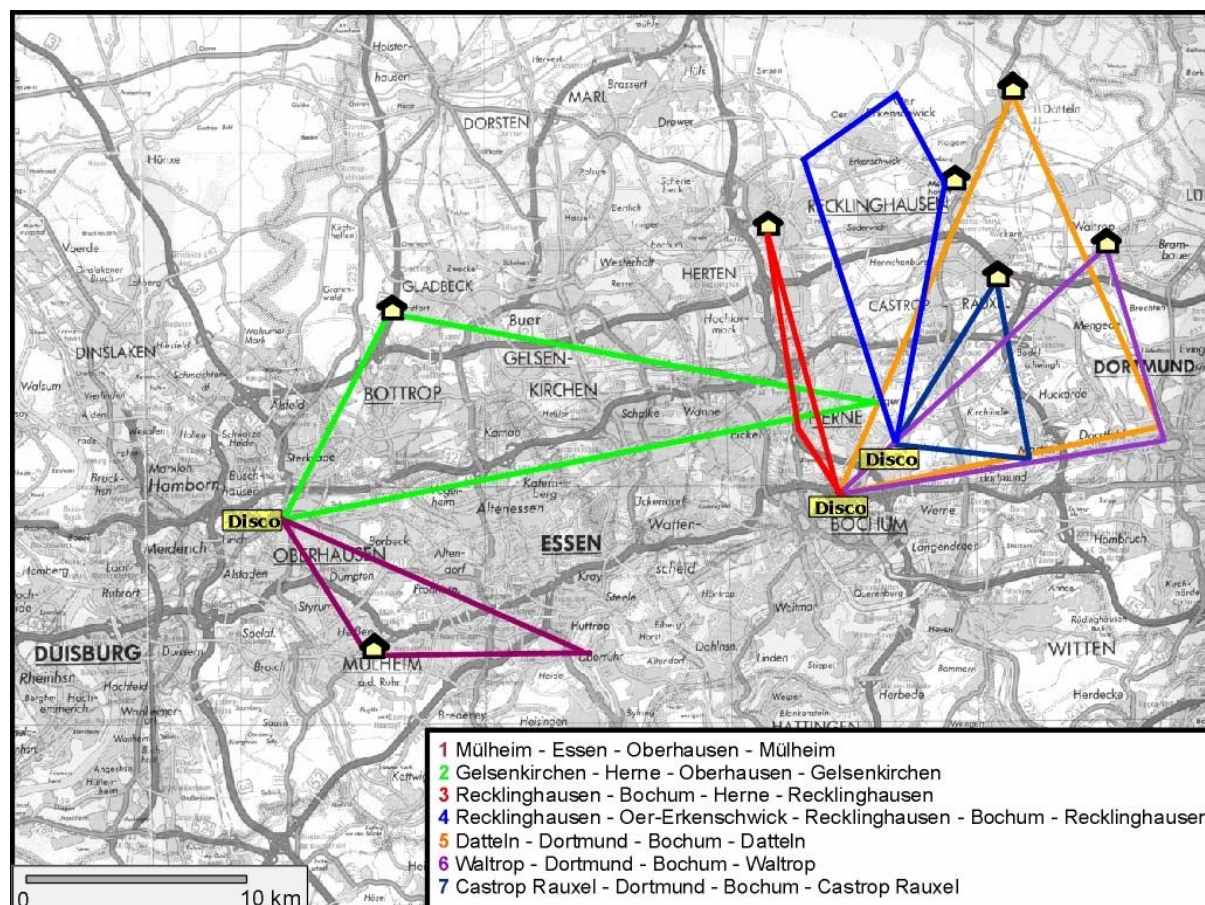


Abb. 6-1: Typische Wegeketten innerhalb des Ruhrgebietes

Der Besuch mehrerer Discotheken ist nicht üblich. Lediglich 2,5 % der Befragten haben am Abend des letzten Discobesuches zwei oder mehr Discotheken aufgesucht. Mit zunehmender Wegeanzahl pro Nacht nimmt der Anteil der Pkw-Nutzung zu.

Tab. 6-1: Verwendete Verkehrsmittel pro Weg

Verkehrsmittel	1. Weg	2. Weg	3. Weg	4. Weg	Wege (absolut)
zu Fuß [%]	20,2	14,3	13,1	12,8	1279
Selbstfahrer [%]	14,4	12,8	13,5	17,9	1136
Mitfahrer [%]	28,6	40,2	44,4	41,1	2994
ÖPNV [%]	36,8	32,7	29,0	28,2	2636
Anzahl der Wege (absolut) ⁷⁰	2592	2592	1881	980	7445

⁷⁰ Nach Plausibilisierung

Bemerkenswert ist der hohe Anteil an Fußwegen, was nur dort möglich ist, wo die Ausgangspunkte und interessanten Ziele auf engem Raum konzentriert sind. Der Anteil der Ziele, die zu Fuß erreicht werden, nimmt von Weg zu Weg ab. Die Ursache ist darin zu sehen, dass vielgliedrige Wegeketten nur bedingt fußläufig zurückgelegt werden können. Gleiches gilt für die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel, was dazu führt, dass auch diese für das Ansteuern mehrerer Ziele pro Abend weitaus seltener genutzt werden.

Der zeitliche Ablauf der Wegekette steht ebenfalls in engem Zusammenhang mit dem verwendeten Verkehrsmittel. Beginnt der erste Weg schon am Nachmittag, nutzen 49 % der jungen Erwachsenen öffentliche Verkehrsmittel. Zwischen 23.00 und 24.00 Uhr liegt deren Anteil jedoch nur noch bei etwa 12 %.

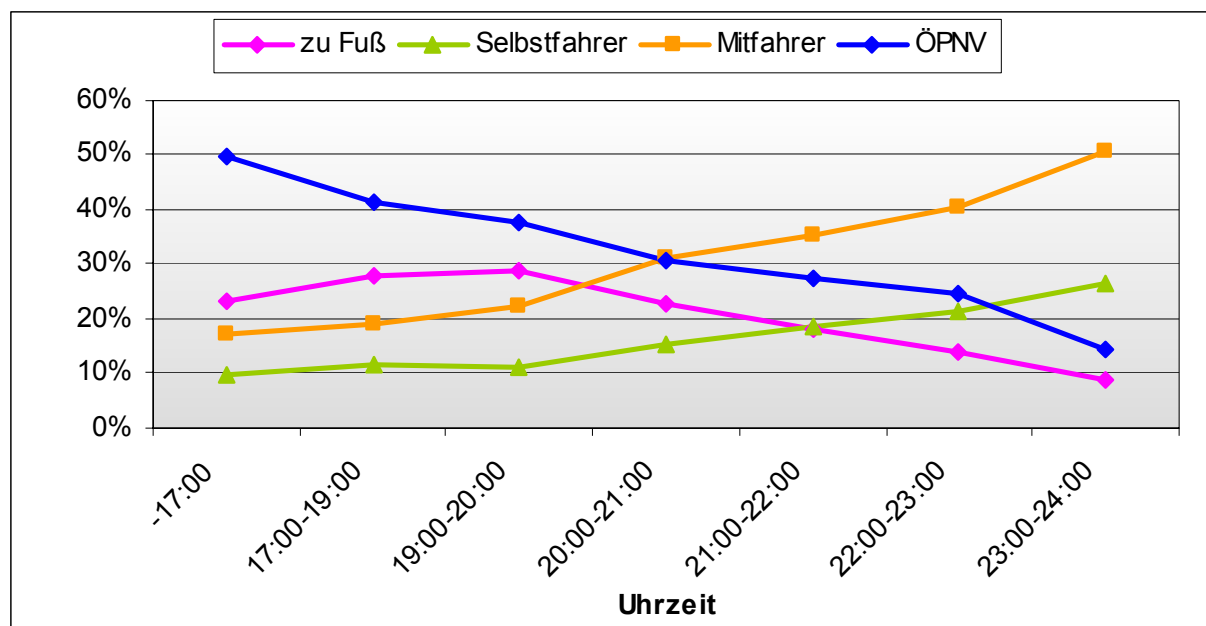


Abb. 6-2: Verwendete Verkehrsmittel nach Uhrzeit bei Beginn des ersten Weges

Es zeigt sich, dass auch schon am Nachmittag oder frühen Abend Discotheken aufgesucht werden. Vor allem die unter 16-jährigen, die sich nach dem Jugendschutzgesetz nur bis 22.00 Uhr in öffentlichen Räumen aufhalten dürfen, besuchen Discotheken, die ihre Öffnungszeiten dieser Klientel angepasst haben. Ab 20.00 Uhr ist ein Anstieg zu erkennen, der im Zeitbereich 22.00 bis 24.00 Uhr eine deutliche Spitze erreicht. In dieser Zeit erreichen etwa 50 %

der Jugendlichen die Discothek. Nach 0.00 Uhr steuern nur noch rund 15 % der Jugendlichen eine Discothek an.

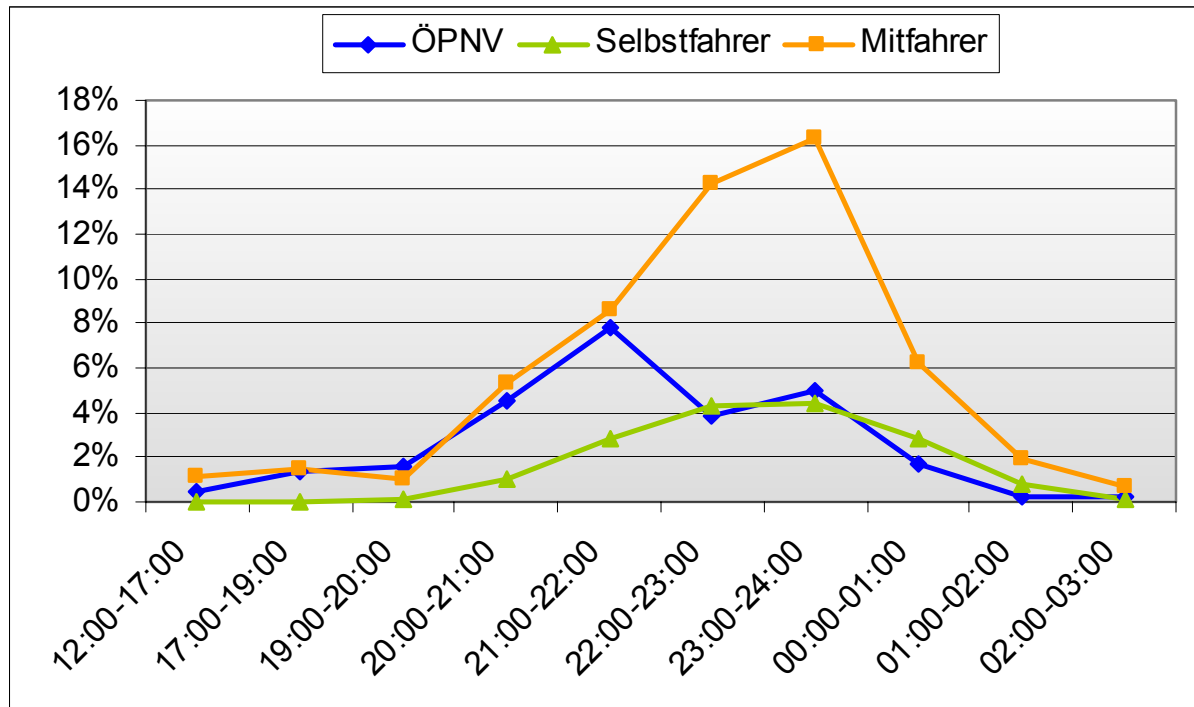


Abb. 6-3: Uhrzeit bei Ankunft in der Discothek

Auch die Abgangszeitverteilung weist eine deutliche Spitze auf. Entsprechend den Ankunftszeiten verlassen einige Jugendlichen die Discothek schon vor 22.00 Uhr. Bis 0.00 Uhr haben etwa 10 % der Jugendlichen die Disco verlassen. Das lokale Maximum zwischen 0.00 und 1.00 Uhr ist darauf zurückzuführen, dass das Jugendschutzgesetz Jugendlichen zwischen 16 und 18 Jahren den Aufenthalt in öffentlichen Räumen nur bis 0.00 Uhr erlaubt. In der Stundengruppe 3.00 Uhr bis 4.00 Uhr verlassen 21 % der Befragten die Discothek. Aus Abb. 6-4 ist abzulesen, dass rund 50 % der Discothekenbesucher den Rückweg erst nach 3.00 Uhr antreten und somit das Ausnutzen der ganzen Nacht das Mobilitätsverhalten junger Erwachsener widerspiegelt.

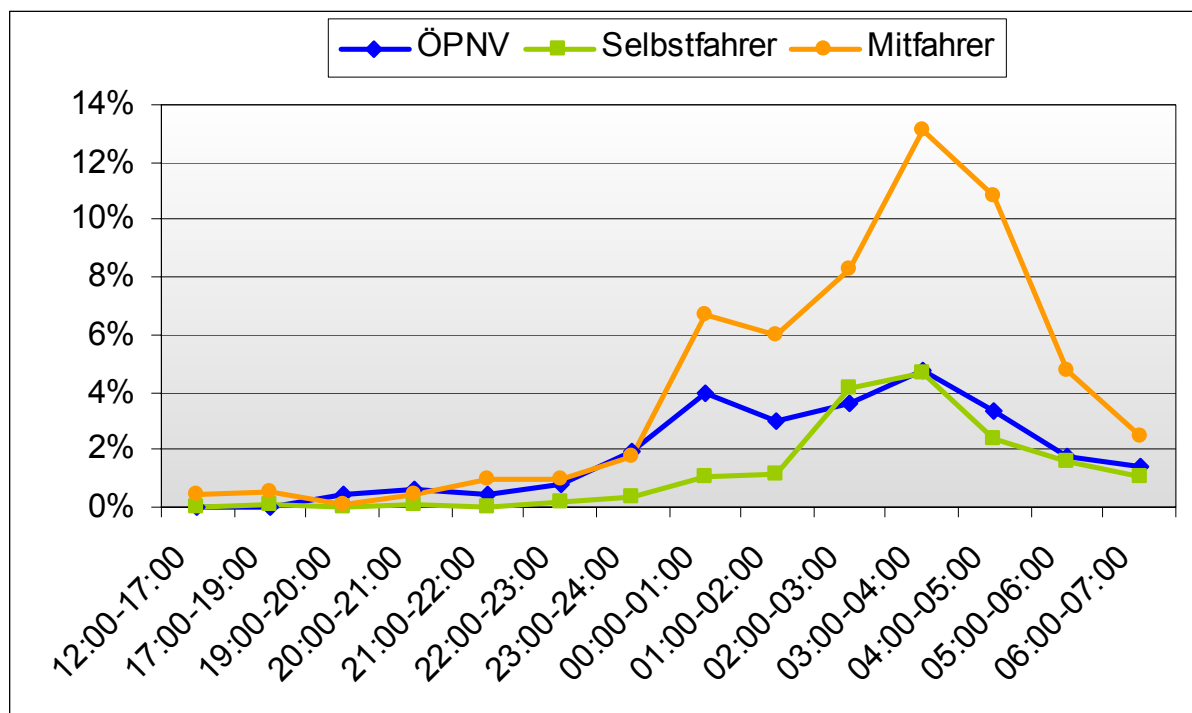


Abb. 6-4: Uhrzeit bei Aufbruch von der Discothek

Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer liegt etwa bei vier Stunden, wobei das verwendete Verkehrsmittel keinen signifikanten Einfluss auf die Verweildauer in der Discothek ausübt.

6.2.3 Räumliche Nachfragestruktur

Die Entfernungen, die zum Erreichen von Discotheken zurückgelegt werden, variieren sehr stark. Bei der Analyse der Einzugsgebiete der einzelnen Discotheken ergeben sich Luftlinienentfernungen von bis zu 50 km.

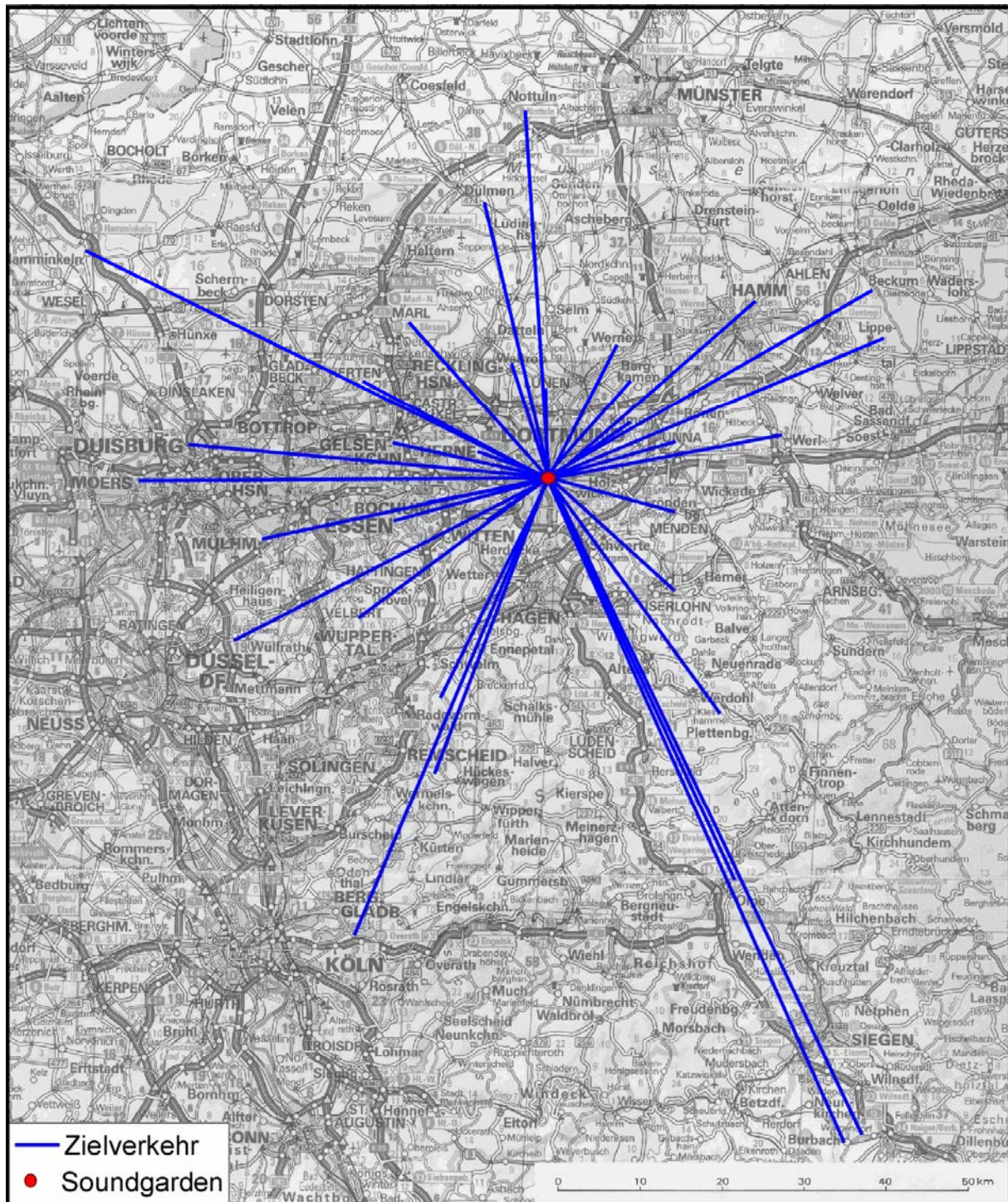


Abb. 6-5: Einzugsbereich einer Großraumdiscothek in Dortmund

Zwischen den zurückgelegten Entfernungen und der Verkehrsmittelwahl ist eine Abhängigkeit zu beobachten. So nutzen knapp 75 % der Besucher einer Großraumdiscothek, die eine hohe Anziehungskraft ausübt, den privaten Pkw.

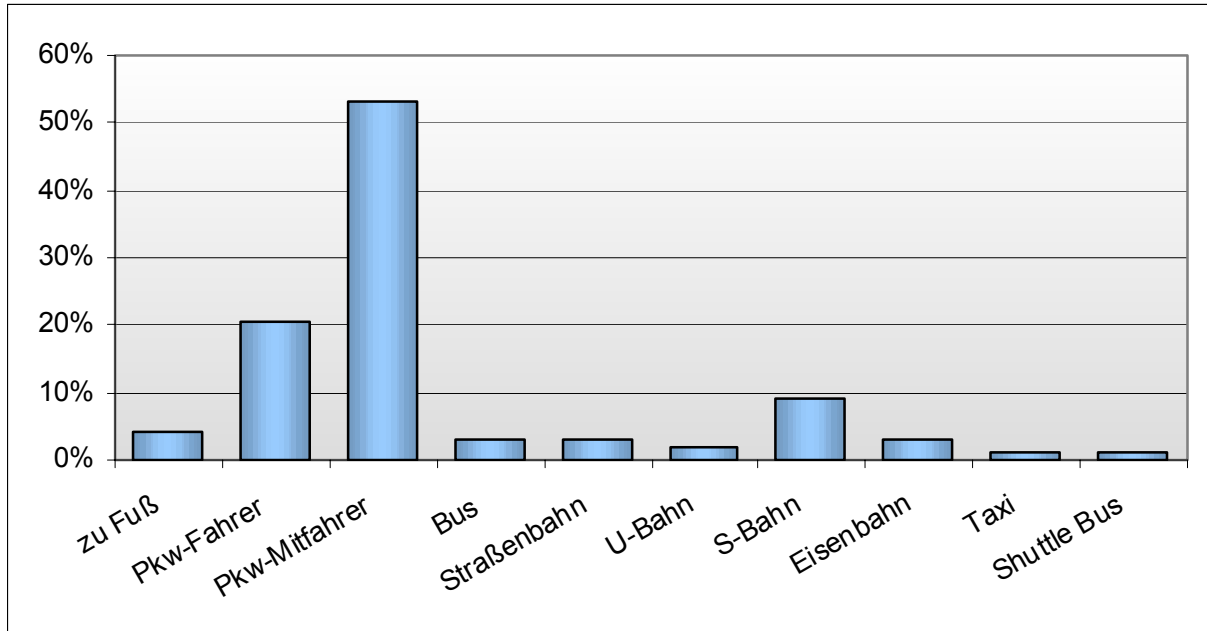


Abb. 6-6: Verkehrsmittelwahl der Besucher der Discothek Soundgarden in Dortmund

Die nachfolgende Abbildung zeigt im Vergleich dazu das Einzugsgebiet der Essener Discothek JoJo im Innenstadtbereich.

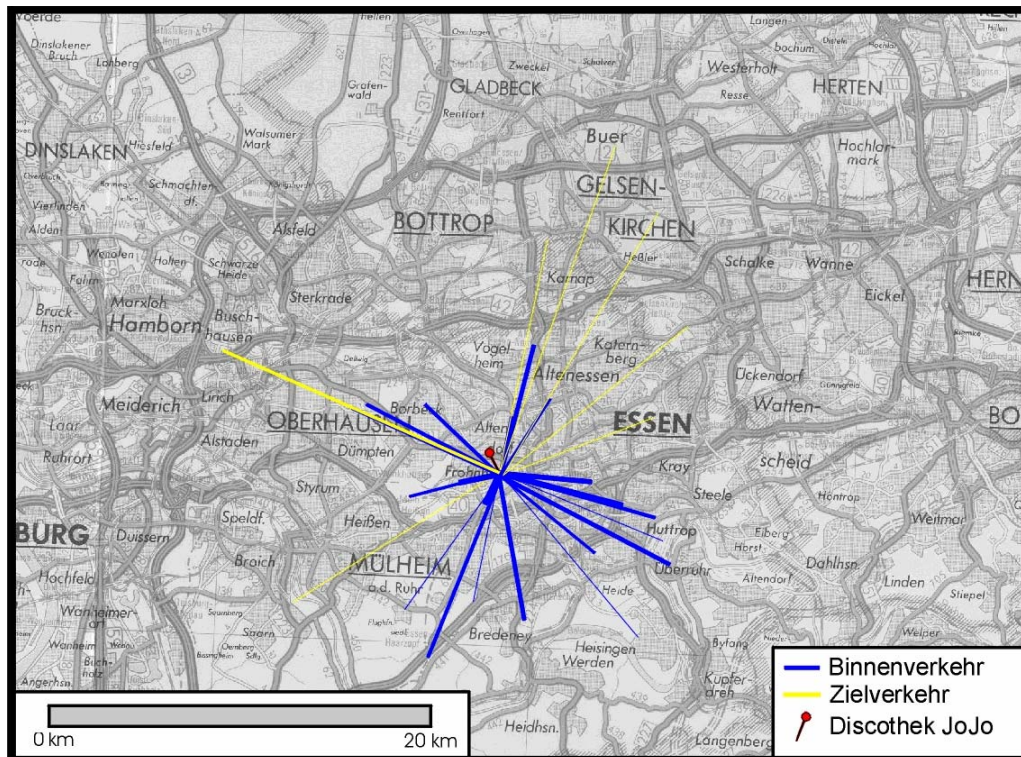


Abb. 6-7: Einzugsbereich der innerstädtischen Discothek JoJo in Essen

Vor allem kleinere Discotheken sind konzentriert im Innenstadtbereich zu finden. Diese Discotheken profitieren vom häufig sternförmig auf das Zentrum ausgerichteten Linienverlauf des ÖPNV-Netzes. Lediglich 14 % der Befragten wohnen nicht in Essen.

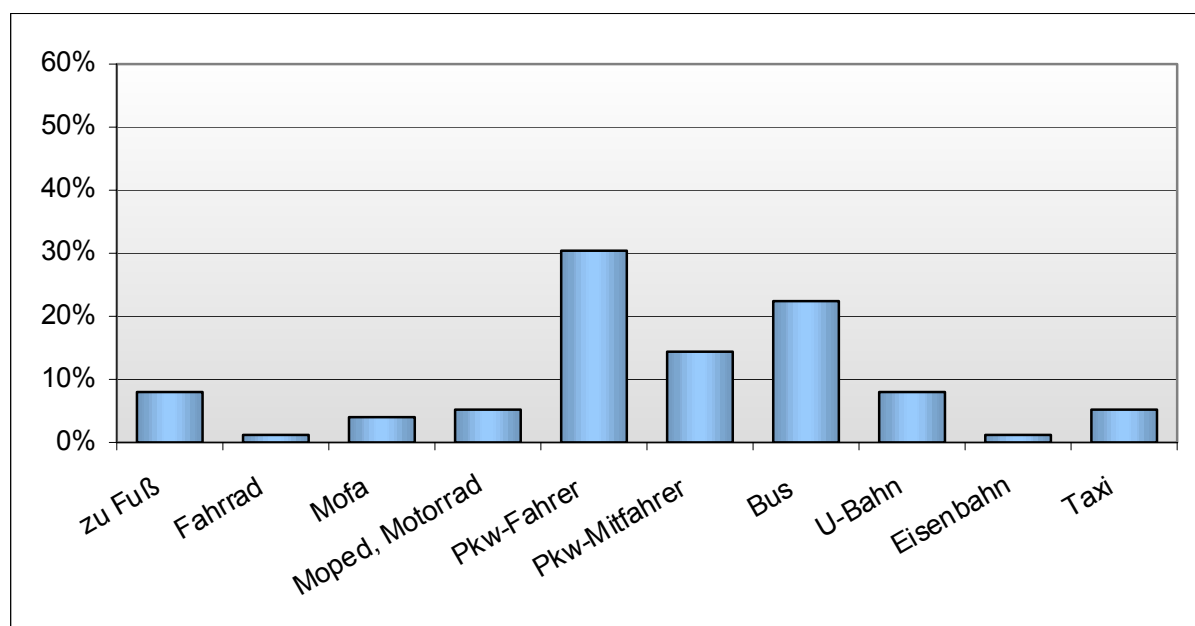


Abb. 6-8: Verkehrsmittelwahl der Besucher der Discothek JoJo in Essen

Die Abhängigkeit zwischen der zentralen Lage und der Verkehrsmittelwahl zeigt sich darin, dass der private Pkw zum Erreichen der Discothek JoJo nur von 45 % der befragten Besucher genutzt wird. Auch das Alter der Discothekenbesucher, der Einzugsbereich und die Verkehrsmittelwahl stehen im Zusammenhang, die Kausalität ist jedoch unklar.

6.2.4 Nächtliches ÖPNV-Angebot in Essen und Bochum

Neben dem Mobilitätsverhalten fließen die Fahrplandaten des nächtlichen ÖPNV-Angebotes von Essen und Bochum in das Simulationsmodell ein. Das Liniennetz und der Fahrplan sind ständigen Anpassungen an die Nachfrage und die Wirtschaftlichkeit unterworfen, so dass für den Online-Betrieb die Datenbasis des Programms kontinuierlich überarbeitet werden muss. Zur Überprüfung der Algorithmen werden in der vorliegenden Studie Daten mit Stand Herbst 2001 verwendet.

Das nächtliche ÖPNV-Angebot ist durch eine Ausdünnung des Liniennetzes und der möglichen Abfahrtszeiten geprägt. Zum Stichtag bilden in Essen 13 sternförmig auf das Zentrum ausgerichtete Nachtbuslinien die Basis des nächtlichen ÖPNV-Angebotes. Zusätzlich werden die Stadtteile Essen-Frohnhausen und Essen-Steele durch eine tangential zum Stadtkern verlaufende Linie erschlossen.

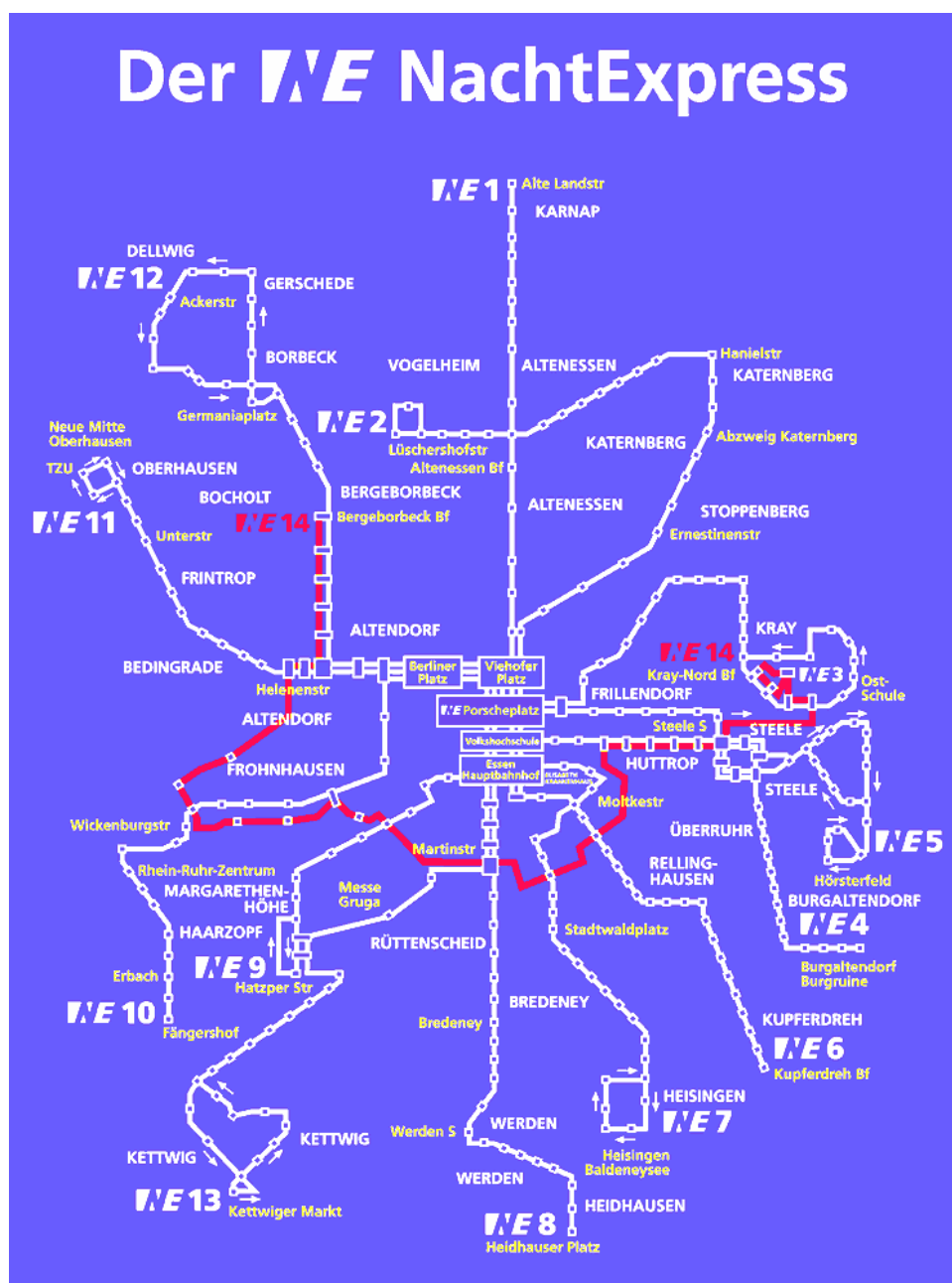


Abb. 6-9: Nachtbusliniennetz in Essen; Quelle: Essener Verkehrs AG, 2001.

Die Nachtbusse verkehren in der Nacht von Freitag auf Samstag stündlich zwischen 1.30 und 3.30 und in der Nacht von Samstag auf Sonntag bis 7.30 Uhr.

In Bochum und der Nachbarstadt Gelsenkirchen setzt sich das Liniennetz aus einer Kombination von Ring- und Radiallinien zusammen. Der Vorteil liegt in einer besseren Erschließung des Gebietes, aufgrund des 1-Richtungsverkehrs ergeben sich für viele Fahrgäste jedoch erhebliche Fahrzeitverlängerungen gegenüber der Direktfahrt.

Bei der Einteilung des Planungsraums in Verkehrszellen wird die Gliederung des Stadtgebietes seitens der Kommunen übernommen. Im Folgenden ist die Gliederung des Stadtgebietes der Stadt Essen dargestellt.

Tab. 6-2: Gebietseinteilung der Stadt Essen

Stadt
Stadtbezirk
Stadtteil
Stadtteilbereich
Baublock
Baublockseite

In ähnlicher Weise gliedert sich auch Bochum, lediglich die Bezeichnungen fallen teilweise unterschiedlich aus. Angaben zur Bevölkerungsstatistik liegen für diese Einheiten vor, jedoch sind Daten bezüglich der Einwohnerzahl von Baublöcken oder gar Baublockseiten aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht frei zugänglich. Dies gilt insbesondere, wenn eine Klassifizierung der Einwohner notwendig wird und sich die Gruppen nur aus wenigen Personen zusammensetzen. Für die Generierung der Fahrtwünsche mit Hilfe eines noch zu erläuternden Verkehrsverteilungsmodells werden deshalb Einheiten verwendet, die eine Fläche von etwa einem Quadratkilometer und Gesamteinwohnerzahlen zwischen 500 und 3000 aufweisen.

6.3.2 Verkehrserzeugungsmodell

Wie die Analysen im Planungsraum gezeigt haben, sind die Anziehungskraft und die Standorte der Discotheken ständigen Veränderungen unterworfen. Dies wirkt sich auf die Verkehrsströme aus.

Die Anzahl von Heimwegen von einer Disco wird über die Häufigkeit der Discobesuche berechnet. Die Befragungen haben ergeben, dass mehr als zwei Drittel der jungen Erwachsenen mindestens alle 1 bis 2 Monate eine Discothek besuchen und gut 15 % sich sogar ein- oder mehrmals wöchentlich für einen Discobesuch entscheiden. Nur etwa 13,6 %, vor allem junge Besucher, haben noch nie eine Disco aufgesucht.

Tab. 6-3: Häufigkeit von Discobesuchen im Untersuchungsraum

Alter [Jahre]	ein oder mehrmals pro Woche [%]	2-3 Mal pro Monat [%]	alle 1-2 Monate [%]	seltener als alle 2 Mo- nate [%]	nie [%]	Summe [%]
bis 15	8,9	20,8	12,9	26,8	30,6	100
16 bis 17	15,2	31,5	23,7	14,4	15,1	100
18 bis 20	24,1	35,4	22,4	11,1	7,0	100
21 bis 24	12,9	31,0	28,4	22,0	5,8	100

Durch die Gewichtung der Aussagen ergibt sich pro Altersgruppe der Anteil der Personen, der in einer Woche eine Discothek aufsucht.

Tab. 6-4: Gewichtungsfaktor zur Berechnung der Häufigkeit von Discobesuchen pro Woche im Untersuchungsraum

Alter [Jahre]	pro Wo- che [%]	alle 2 Wo- chen [%]	alle 6 Wo- chen [%]	alle 20 Wo- chen [%]	Summe [%]
bis 15	8,9	10,4	2,2	1,3	22,9
16 bis 17	15,2	15,8	4,0	0,7	35,6
18 bis 20	24,1	17,7	3,7	0,6	46,1
21 bis 24	12,9	15,5	4,7	1,1	34,2

Zur Aufteilung der erzeugten Fahrtwünsche auf die einzelnen Wochentage wird auf die Antworten auf die Frage nach dem Wochentag des letzten Discobesuches zurückgegriffen. Etwa 84 % der Disco-Besuche finden freitags und samstags statt.

Tab. 6-5: Wochentag des letzten Discobesuches

Wochentag	Häufigkeit	Häufigkeit [%]
Montag	47	2,2
Dienstag	14	0,7
Mittwoch	103	4,8
Donnerstag	69	3,2
Freitag	675	31,5
Samstag	1118	52,2
Sonntag	116	5,4
gesamt	2142	100,0

Durch die Tatsache, dass nach dem letzten Discobesuch gefragt wurde und die Befragung nur montags bis freitags stattfand, wurde das Ergebnis in geringem Umfang beeinflusst. Wird mehrmals pro Woche eine Disco aufsucht, geht jeweils nur der letzte Discobesuch ein. Als Folge ist der Freitag etwas unterrepräsentiert in den Ergebnissen vertreten, während der Discobesuch am Sonntag überrepräsentiert in die Untersuchung eingeht. Da jedoch der Anteil derer, die mehrmals wöchentlich eine Discothek aufsuchen, sehr gering ausfällt, wird diese Feststellung nicht weiter verfolgt.

Anhand der Summe der Multiplikation des Gewichtungsfaktors mit der Anzahl der Jugendlichen einer Altersklasse und dem Anteil der Jugendlichen, die eine Disco an dem entsprechenden Wochentag besucht haben, ist abzulesen, dass in einer durchschnittlichen Nacht von Freitag auf Samstag ca. 11.800 und von Samstag auf Sonntag ca. 19.800 junge Menschen ihren Heimweg von einer Disco antreten.

6.3.3 Verkehrsverteilungsmodell

Bevor das Bündelungspotenzial des nächtlichen Fahrtenaufkommens prognostiziert werden kann, müssen die Befragungsergebnisse hinsichtlich des Mobilitätsverhaltens auf Disco-Wegen auf den gesamten Raum übertragen werden. Die durch die Verkehrsverteilung zu ermittelnden Fahrtwünsche setzen sich aus der Adresse der Discothek und dem Wohnstandort zusammen.

Zur Simulation des Fahrtenaufkommens wird ein Verteilungsmodell entwickelt, das die Zuordnung des Quellverkehrsaufkommens auf die einzelnen Zielverkehrszellen ermöglicht. Als ein in der Verkehrsplanung üblicher Ansatz wird ein Gravitationsansatz gewählt. Wesentlicher Bestandteil und Kennzeichen für die Wahrscheinlichkeit, dass ein Weg auch angetreten wird, ist die Widerstandsfunktion.

Gewählt wird ein quellorientiertes Modell.

$$F_{ij} = c \cdot Q_i \cdot Z_j \cdot f(w_{ij})$$

$$= Q_i \cdot \frac{Z_j \cdot f(w_{ij})}{\sum_j Z_j \cdot f(w_{ij})}$$

mit

c = Korrekturfaktor

Q_i = Quellverkehr von Zelle i

Z_j = Zielverkehr nach Zelle j

w_{ij} = Widerstand für Verbindung von i nach j (z.B. Entfernung, Reisezeit, Kosten,...)

Widerstandsfunktion (zweiparametriger Ansatz)

$$f(w_{ij}) = w_{ij}^{c_1} \cdot e^{w_{ij} \cdot c_2}$$

Als ausschlaggebendes Kriterium für die Wahl eines Ziels wird in diesem Fall die Reisezeit angenommen.

Als Quelle werden im vorliegenden Fall die Discotheken und als Ziele die Wohnstandorte eingesetzt. Das Quellverkehrsaufkommen entspricht der durchschnittlichen Anzahl der Besucher der wichtigsten Discotheken im Planungsraum. Das Zielverkehrsaufkommen setzt sich aus den 15- bis 24-jährigen Bewohnern der Zielverkehrszellen zusammen. Zur Anpassung dieser beiden Größen wird die Anzahl der Besucher prozentual erhöht.

Die Reisezeit wird aus der Luftliniengeschwindigkeit in Abhängigkeit der Entfernung berechnet.⁷¹ Gewählt wird eine Funktion, die die Verteilung der Luftliniengeschwindigkeiten für den Individualverkehr abbildet.

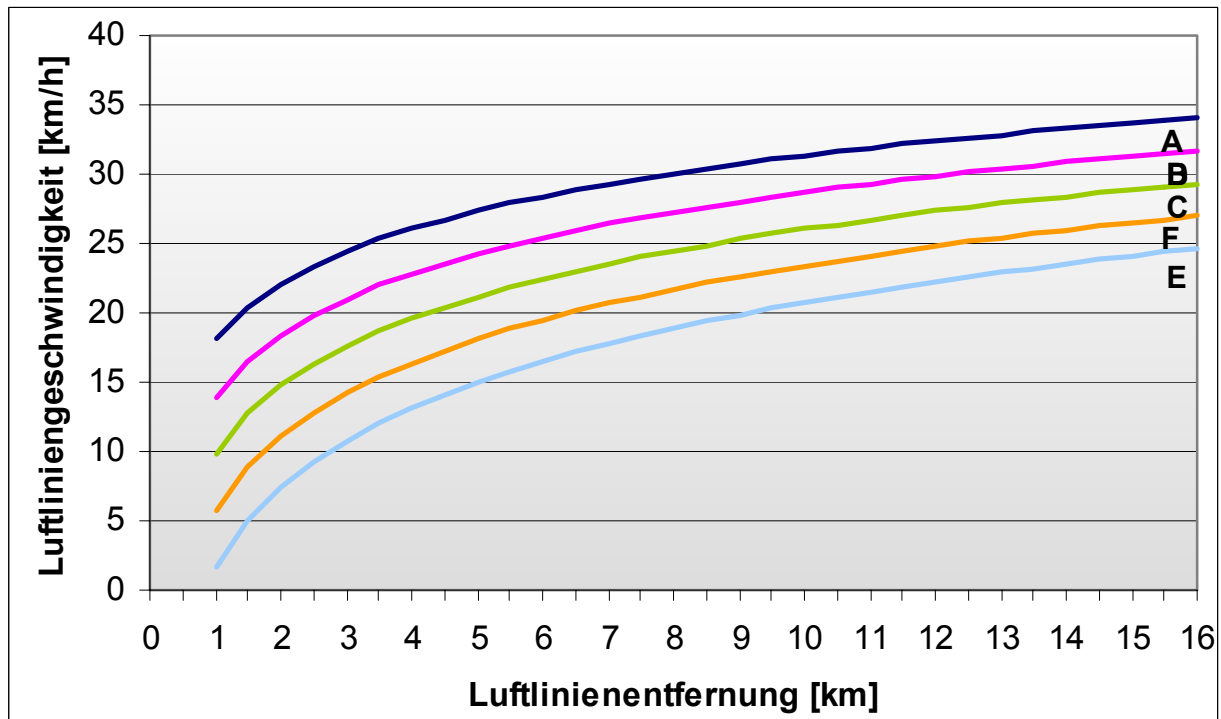


Abb. 6-6: Grenzkurve der Qualitätsstufen der Luftliniengeschwindigkeit im MIV, Quelle: Schönharting, J. (2001)

Grenzfunktion:

$$t_R = \frac{d \cdot 60}{7 \cdot \ln(d) + 10}$$

Die kürzeste Reisezeit zwischen Discothek und Wohnstandort liegt bei 5,6 Minuten, was einer Luftlinienentfernung von 590 m entspricht. Das Fehlen geringer Reisezeiten liegt darin begründet, dass der Binnenverkehr innerhalb der Zellen keine Berücksichtigung findet, da diese Wege in der Regel zu Fuß zurückgelegt werden. Zudem ist der Anteil der Discothekenbesucher, der im direkten Umfeld einer Discothek wohnt, eher gering.

⁷¹ Schönharting, J., Bruckmann, D., Stöcker, K., et al. (2001).

Zur Bestimmung der Parameter c_1 und c_2 wird eine nichtlineare Regression durchgeführt. Es ergibt sich folgende Gleichung:

$$f(w_{ij}) = w_{ij}^{1,543} \cdot e^{w_{ij} \cdot -0,43735}$$

Tab. 6-6: Mittelwert und Grenzen des 95 %igen Konfidenzintervalls der Konstanten c_1 , c_2

	Faktor	untere Grenze	obere Grenze
c_1	1,543	1,305	1,781
c_2	-0,437	-0,183	-0,104

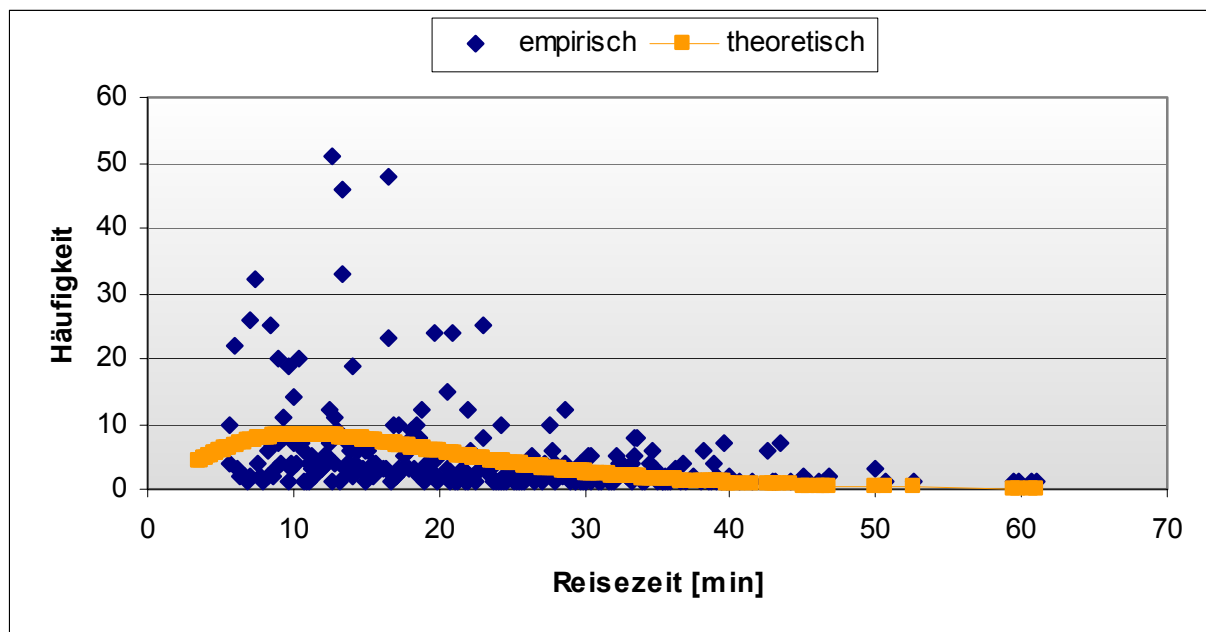


Abb. 6-7: Häufigkeitsverteilung der Reisezeiten

Durchschnittlich wird innerhalb des Planungsraums eine Reisezeit von 16 Minuten zum Erreichen des Wohnstandortes benötigt.

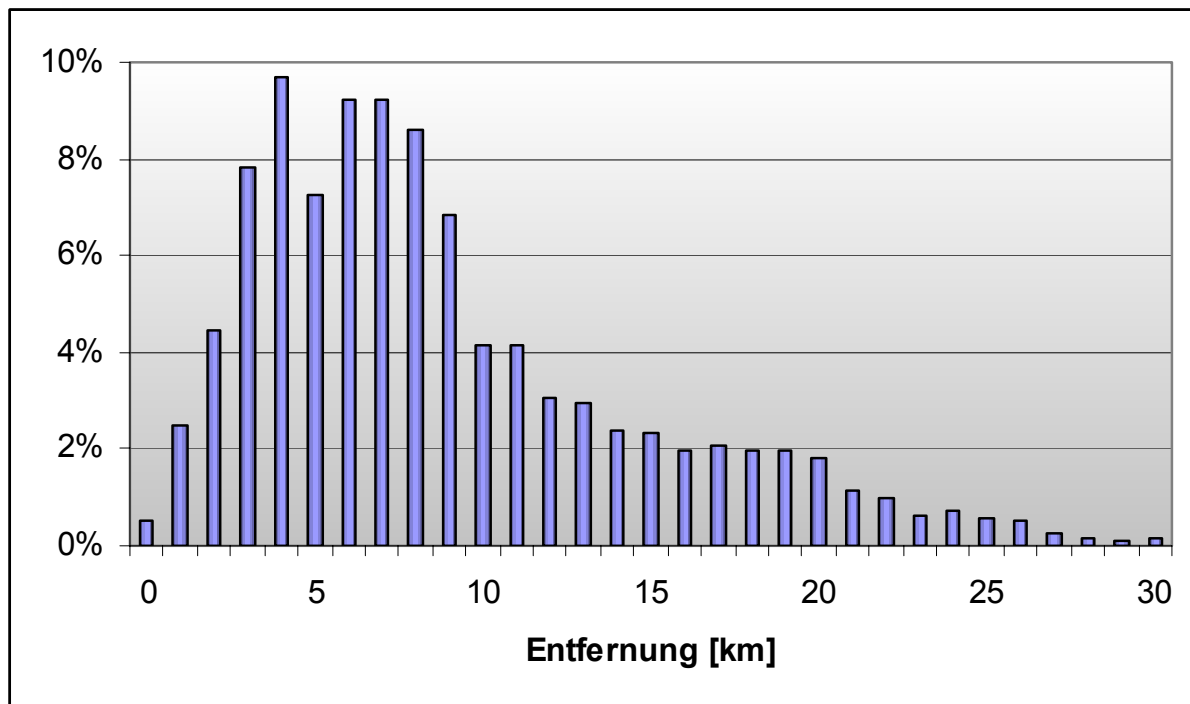


Abb. 6-8: Häufigkeitsverteilung der Weglängen

Im Mittel liegen die Entfernungen zwischen Discothek und Wohnstandort bei 8,9 km.

Neben der Quell- und Zieladresse muss auch bekannt sein, wann ein Fahrtwunsch auftritt. Die Uhrzeit des Verlassens der Discothek wird aus den Angaben der befragten Schüler ermittelt. Da die Wege zeitlich zurückliegen, ist zu erwarten, dass die Zeitangaben von den Befragten häufig auf die volle oder halbe Stunde gerundet werden.

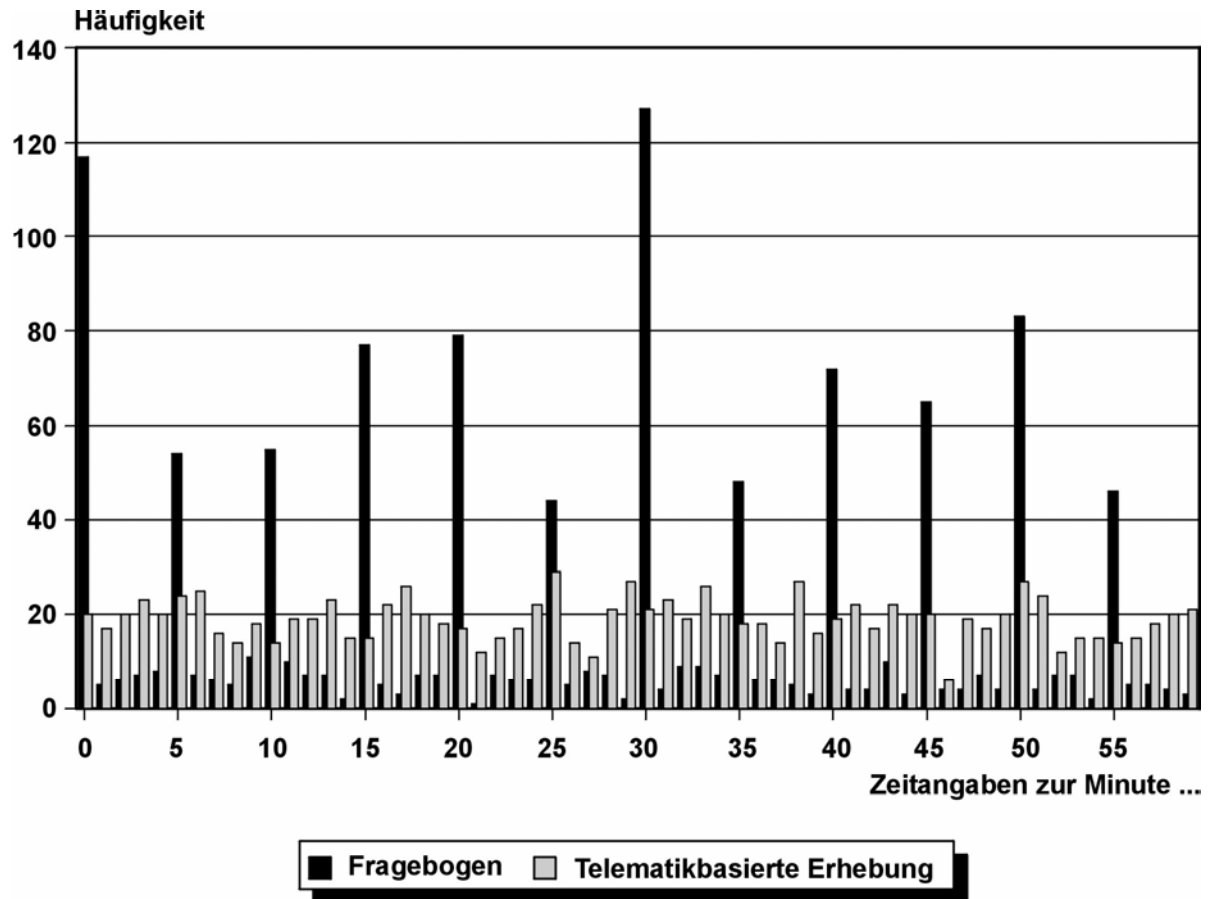


Abb. 6-9: Häufigkeit der erhobenen Zeiten nach Minuten (Vergleich der Erhebung mittels Mobilfunktechnik mit der schriftlichen Befragung), Quelle: Sommer, C. (2002)

Diese Hypothese wird durch Untersuchungen⁷² bestätigt, bei denen ein Mobilfunktelefon zur Erhebung des Mobilitätsverhaltens eingesetzt wurde. Bei einer genauen Bestimmung der Uhrzeit durch das Drücken einer Taste unterliegen die Abfahrts- und Ankunftszeiten nahezu einer Gleichverteilung. Im Gegensatz dazu neigen die Probanden bei einer schriftlichen Befragung, selbst wenn diese wie in dem hier dargestellten Beispiel sehr zeitnah stattfindet, zur Angabe von runden Werten.

Als Konsequenz aus diesen Ergebnissen werden die Zeitangaben der Befragten in Klassen zusammengefasst und entsprechend einer Gleichverteilung neu festgelegt. Anschließend werden mit der Monte-Carlo-Methode Zufallszahlen

⁷²Sommer, C. (2002). Erfassung des Verkehrsverhaltens mittels Mobilfunktechnik – Konzept, Validität und Akzeptanz eines neuen Erhebungsverfahrens, Schriftenreihe des Instituts für Verkehr und Stadtbauwesen der TU Braunschweig, Braunschweig.

generiert. Die Abfahrtszeiten können so den Fahrtwünschen, bestehend aus Quelle und Ziel, zufällig zugeordnet werden.

6.4 Ergebnisse zum kombinierten System „Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV“

6.4.1 ÖPNV-Verbindung

Um die verkehrlichen Kenngrößen des Modells zu ermitteln, werden Simulationsrechnungen durchgeführt. Dabei wird der Fragestellung nachgegangen, inwieweit sich der hohe Dynamisierungsgrad auf die Attraktivität des Angebotes, insbesondere die Reisezeit und den Fahrpreis auswirkt. Die Abhängigkeiten zwischen Nachfrage, Fahrpreis und Flexibilisierungsgrad des Angebotes werden durch Sensitivitätsrechnungen bestimmt.

Die sequenzielle Vorgehensweise bietet die Möglichkeit, die Ergebnisse der einzelnen Module separat auszuwerten. In der Datenbank des Moduls 1 sind die zeitkürzesten ÖPNV-Verbindungen, die zwischen allen 622 relevanten Haltestellen des Planungsraums existieren, enthalten.

Unter Berücksichtigung der Randbedingungen, die eine ausreichende Qualität der ÖPNV-Verbindung gewährleisten, werden im Mittel nur rund 50 % der Relationen bedient. Als Planungszeitraum gilt die Nacht von Samstag auf Sonntag zwischen 0.00 und 6.00 Uhr. Innerhalb des Planungszeitraums ergeben sich durchschnittlich 5,2 Möglichkeiten, zu einer anderen Haltestelle zu gelangen.

Zur Bestimmung der Qualität eines ÖPNV-Angebotes kann ein Vergleich der Reisezeit im MIV und im ÖPNV herangezogen werden. Es werden die Reisezeiten auf 33 zufällig ausgewählten Relationen verglichen.

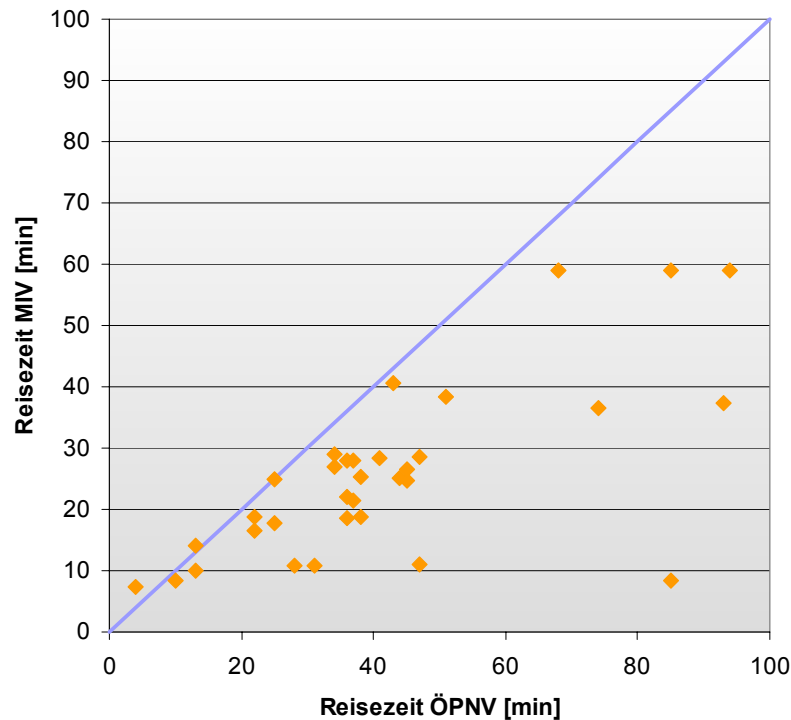


Abb. 6-10: Vergleich der Reisezeiten im MIV und im ÖPNV

Die Gegenüberstellung der Reisezeiten zeigt, dass auf nahezu allen Relationen im Planungsraum die Reisezeit im ÖPNV höher ausfällt als im MIV. Lediglich auf einigen wenigen Strecken ist der ÖPNV dem MIV bezüglich der Reisezeit zwischen zwei Haltestellen ebenbürtig oder sogar überlegen. Bei den ausgewählten Fahrtwünschen ergibt sich ein durchschnittliches Verhältnis von Reisezeit ÖPNV zu Reisezeit MIV von 1,8. In die Bewertung dieses Ergebnisses muss einfließen, dass der Zu- und Abgang zur und von der Haltestelle noch nicht berücksichtigt ist. Auch die Abholwartezeit (Differenz zwischen Abfahrtswunsch und tatsächlicher Abfahrt), die vor allem nachts einen wesentlichen Anteil an der Reisezeit hat, geht nicht ein, so dass die Fahrt mit dem Pkw nahezu immer eine geringere Reisezeit aufweist, als die Fahrt mit einem öffentlichen Verkehrsmittel.

6.4.2 Haustür-Haustür-Verbindung

Weitere Ergebnisse liefert die Betrachtung der Haustür-Haustür-Verbindungen. Für Fahrtwünsche bestehend aus Quell- und Zieladresse wird unter Einbeziehung des ÖPNV-Angebotes die beste Verbindung ermittelt. Der Zu- und Abgang wird mit konventionellen Taxis durchgeführt. Durch die Begrenzung des Planungszeitraums auf 0.00 – 6.00 Uhr ergeben sich 17.679 Fahrtwünsche.

Folgende die Angebotsqualität bestimmende Kenngrößen werden für das vorliegende Szenario gewählt.

Maximale Anzahl an Fahrtwünschen: **17.679**

Fahrtwünsche in der Zeit von [hh:mm]: **00:00 Uhr**

Fahrtwünsche in der Zeit bis [hh:mm]: **06:00 Uhr**

Anzahl der Verbindungen pro Fahrtwunsch: **1**

Maximale Wartezeit auf das Taxi [Minuten]: **15**

Luftliniengeschwindigkeit: **MIV-A** (Luftliniengeschwindigkeit entspricht einer sehr guten Pkw-Verbindung), bis **ÖPNV-A** (Luftliniengeschwindigkeit entspricht einer sehr guten ÖPNV-Verbindung).

Minimaler Anteil der Fahrt im ÖPNV bezogen auf die Fahrt mit einem Taxi: **0,5**

Maximale Gesamtdauer der Fahrt bezogen auf die Fahrt mit einem Taxi: **2,0**

Tab. 6-7: Bedienbares Potenzial bei Vorgabe unterschiedlicher Randbedingungen, Abholwartezeit max. 15 min

Mindestqualitätsstufe	MIV-A	MIV-B	MIV-C	MIV-D	MIV-E	ÖPNV-A
Anzahl der bedienbaren Fahrtwünsche	41	106	253	757	3.358	11.672
Anteil bedienbar	0,2 %	0,6 %	1 %	4 %	19 %	66 %
Ø Abholwartezeit	7 min	7 min	7 min	8 min	8 min	8 min
Ø Entfernung (Luftlinienentfernung *1,3)	22,6 km	20,9 km	19,0 km	14,6 km	9,3 km	10,6 km
Ø Reisezeit ÖPNV	19 min	18 min	17 min	14 min	10 min	11 min
Ø Reisezeit Taxi	10 min	11 min	11 min	11 min	11 min	17 min
Ø Kosten*	5,95 €	6,49 €	7,17 €	7,17 €	7,19 €	12,12 €
Ø Ersparnis gegenüber Taxifahrt	83 %	80 %	75 %	69 %	53 %	30 %
min. 1 x Umsteigen	12 %	12 %	13 %	13 %	13 %	21 %

*Kosten basieren auf dem Taxitarif Essen: Grundpreis 2,05 €, Preis pro km 1,43 €.

Fahrgäste, die nicht über eine Zeitkarte verfügen, müssen zusätzlich ein Ticket der Preisstufe A oder B (VRR) für 1,75 € bzw. 3,30 € lösen.

In Abhängigkeit der Randbedingungen ändert sich die Anzahl der Fahrtwünsche, für die eine akzeptable Verbindung gefunden wird. Eine Mindestqualitätsstufe MIV-A wird nur für 0,2 % der Fahrtwünsche erzielt. Werden auch geringere Luftliniengeschwindigkeiten zugelassen (Qualitätsstufe ÖPNV-A), erhöht sich die Anzahl der Fahrtwünsche mit akzeptabler Bedienung auf 66 %.

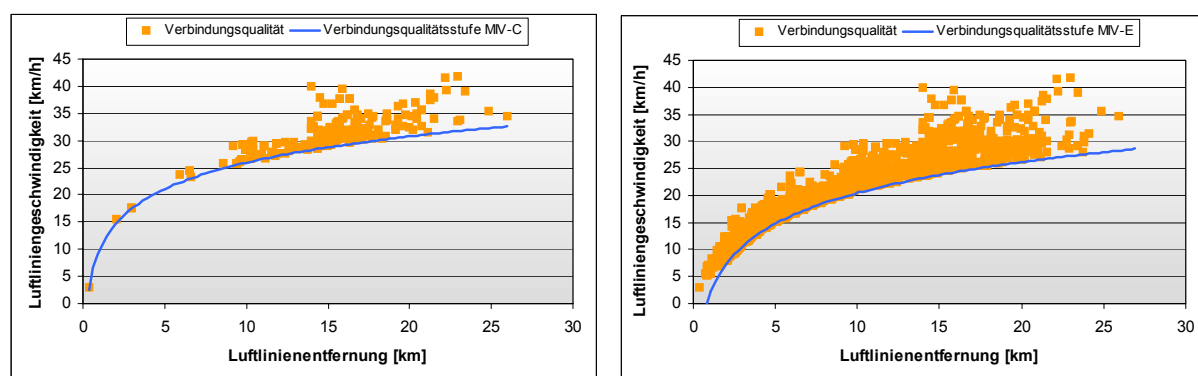


Abb. 6-11: Abhängigkeit zwischen der Verbindungsqualität und der Anzahl der bedienbaren Fahrtwünsche

Da dem Taxi eine Luftliniengeschwindigkeit der Verbindungsqualität MIV-C zugewiesen ist, wirkt sich eine lange Taxifahrt bei einer Mindestqualitätsstufe ÖPNV-A positiv aus. Die durchschnittliche Taxifahrt fällt bei einer geringeren Verbindungsqualität daher länger aus.

Ähnliche Auswirkungen wie durch die Verbesserung der Verbindungsqualität können durch die Begrenzung der Fahrdauer gegenüber der Direktfahrt mit dem Taxi erzielt werden. Durch die Kombination beider Variablen kann die Qualität der Ergebnisse in einigen Bereichen noch feiner definiert werden. Aus Sicht des Fahrgastes sagt der Faktor zur Fahrzeitverlängerung gegenüber der Direktfahrt mit dem Taxi allerdings mehr aus. Insbesondere da der Taxifahrt bereits eine Verbindungsqualitätsstufe zugeordnet ist, kann bei der praktischen Umsetzung des Lösungsansatzes auf die freie Wahl der Verbindungsqualitätsstufe verzichtet werden.

Aus Fahrgastsicht von besonderer Bedeutung sind die Kosten und die Einsparungen gegenüber einer Taxifahrt. Die durchschnittliche Ersparnis gegenüber einer Taxifahrt nimmt mit steigender Mindestqualitätsstufe zu. Da lediglich die Kosten für die Taxifahrt zum Ansatz gebracht werden, steht die Länge bzw. Dauer der Taxifahrt in direkter Abhängigkeit zu den Kosten. Aber auch wenn zusätzlich zum Taxipreis ein entfernungsabhängiger Fahrpreis für die Nutzung des ÖPNV angenommen wird, wirkt sich ein hoher ÖPNV-Anteil fahrpreisreduzierend auf die Gesamtfahrt aus.

Die durchschnittliche Abholwartezeit variiert erwartungsgemäß nur geringfügig und entspricht im Wesentlichen der halben maximalen Wartezeit.

Besonders hochwertige Verbindungen können vor allem bei großen Entfernungen zwischen Quell- und Zieladresse genutzt werden. Die Einbeziehung des schienengebundenen ÖPNV führt zu einer Erhöhung der Luftliniengeschwindigkeit. Die Abhängigkeit zwischen Verkehrsmittel und Verbindungsqualität wird in folgendem Diagramm deutlich.

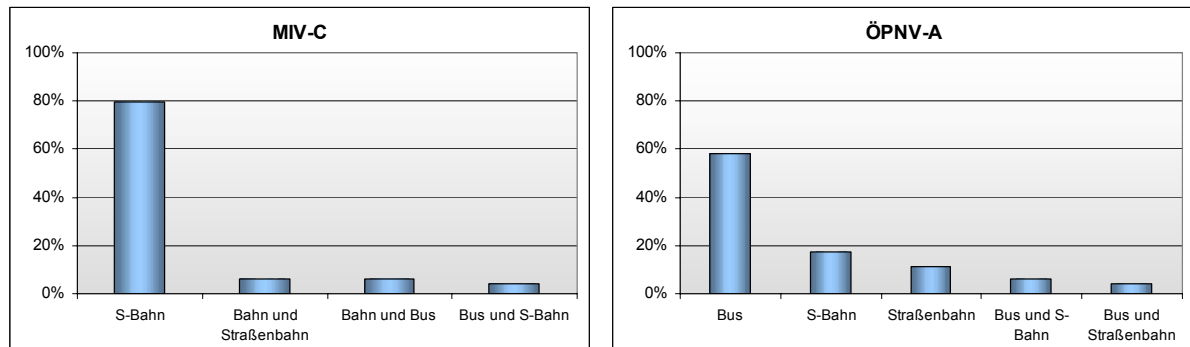


Abb. 6-12: Verkehrsmittelverteilung nach Verbindungsqualitätsstufe

Eine Mindestqualitätsstufe MIV-C kann bei 80 % der Verbindungen nur durch die ausschließliche Nutzung von S-Bahnen erzielt werden. Auch die Kombination von Bahn und Straßenbahn, Bahn und Bus sowie Bus und S-Bahn kann sinnvoll sein. Reine Busverbindungen können diese Qualitätsstufe nicht erreichen.

Werden die Ansprüche an die Verbindungsqualität gesenkt, um die Fahrtwünsche möglichst vieler Discothekenbesucher erfüllen zu können, kann auf das umfangreiche Busangebot zurückgegriffen werden.

Weiterhin wird die Verteilung von Zielen über den Raum untersucht. Auf der folgenden Kartengrundlage sind eine Essener Discothek und alle Zieladressen dargestellt, die bei Einhaltung einer vorgegebenen distanzabhängigen Luftliniengeschwindigkeit erreicht werden können. Gewählt wird für diese Darstellung als Mindestqualität die Qualitätsstufe MIV-C.

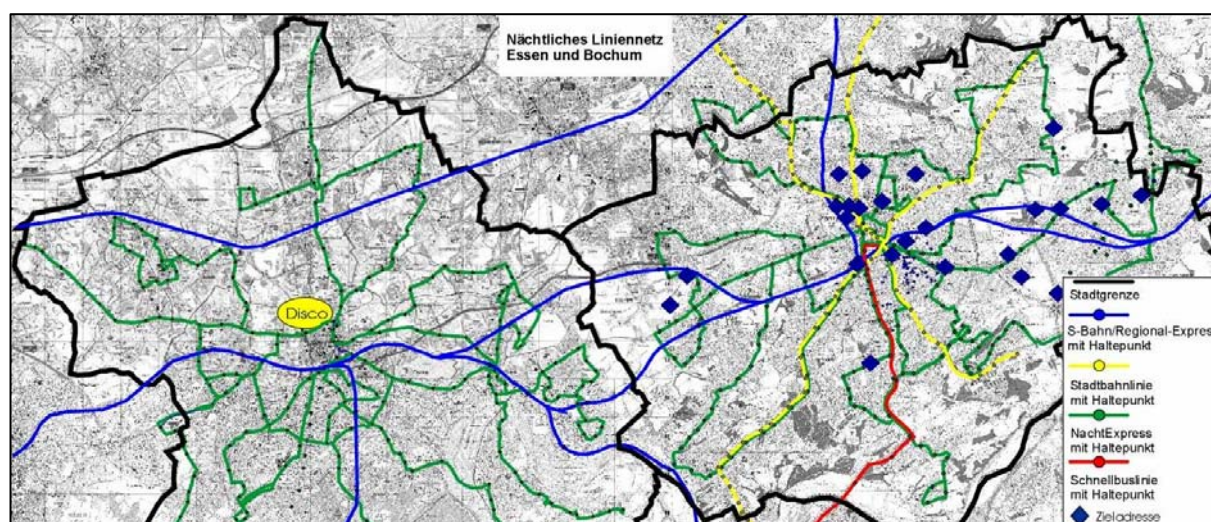


Abb. 6-13: Von einer ausgewählten Essener Discothek erreichbare Zieladressen bei Qualitätsstufe MIV-C⁷³

Es zeigt sich, dass nur 24 der möglichen 450 Wohnstandorte im Rahmen der vorgegebenen Qualität erreicht werden können. Hohe Luftliniengeschwindigkeiten erzielen vor allem S- und Regionalbahnen, so dass lediglich die Einbindung des schnellen ÖPNV zu einer hohen Verkehrsqualität führt. Aus diesem Grund sind die möglichen Zieladressen ausschließlich in Bochum zu finden. Sobald Busse genutzt werden müssen, ist die erforderliche Qualitätsstufe nicht mehr gegeben.

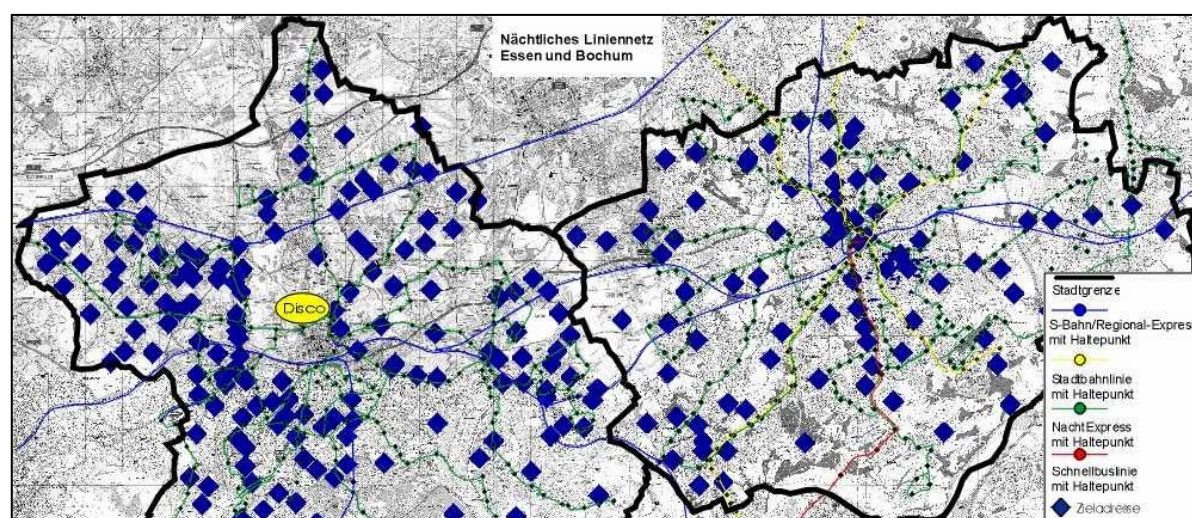


Abb. 6-14: Von einer ausgewählten Essener Discothek erreichbare Zieladressen bei Qualitätsstufe ÖPNV-A

⁷³ Kartengrundlage: Amtliche Stadtpläne der Städte Essen und Bochum mit freundlicher Genehmigung des Amtes für Geoinformation, Vermessung und Kataster der Stadt Essen und des Vermessungs- und Katasteramtes der Stadt Bochum

Bei einer Herabsetzung der Mindestqualitätsstufe sind die möglichen Ziele deutlich gleichmäßiger über den Raum verteilt. Im Nahbereich ist die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel nicht sinnvoll, so dass in direktem Umfeld der Discothek keine Zieladressen zu finden sind.

Die Dynamik des Systems wird bei der Wahl der Ein- und Ausstiegshaltestellen deutlich. Für im Minutentakt auftretende Fahrtwünsche zwischen der Discothek Jojo und dem Bußmannsweg schlägt das System die in der Grafik dargestellten Ein- und Ausstiegshaltestellen vor.

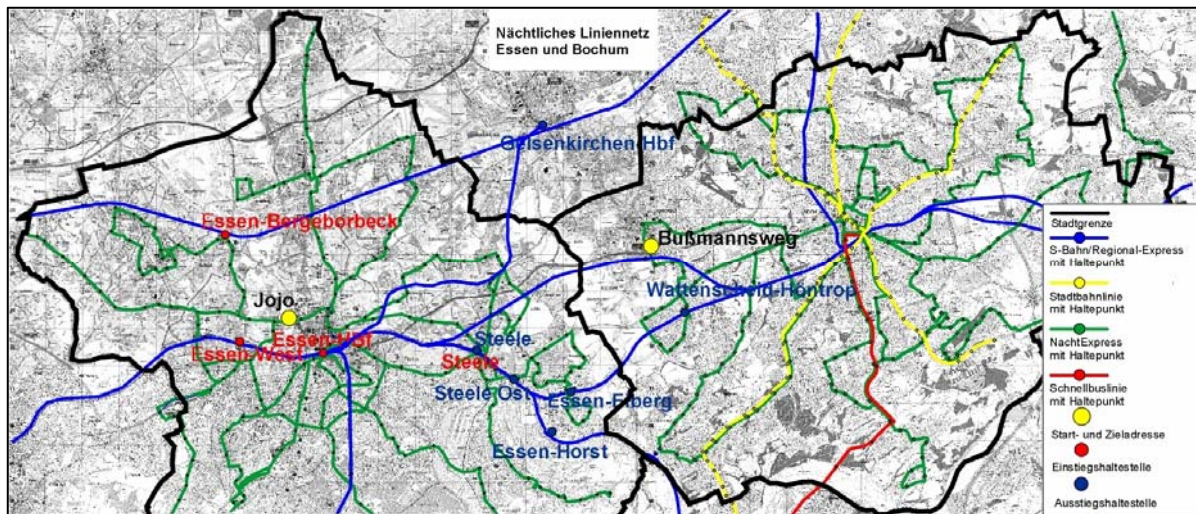


Abb. 6-15: Mögliche Ein- und Ausstiegshaltestellen bei Bedienung einer Relation

Bei dem ausgewählten Beispiel werden ausschließlich S-Bahn- bzw. Regionalbahn-Haltestellen empfohlen, da die Einbindung des schnellen schienen- gebundenen ÖPNV unter Berücksichtigung der Randbedingungen teilweise die einzige, im Hinblick auf die Zielfunktion zumindest meistens die beste Verbindung liefert.

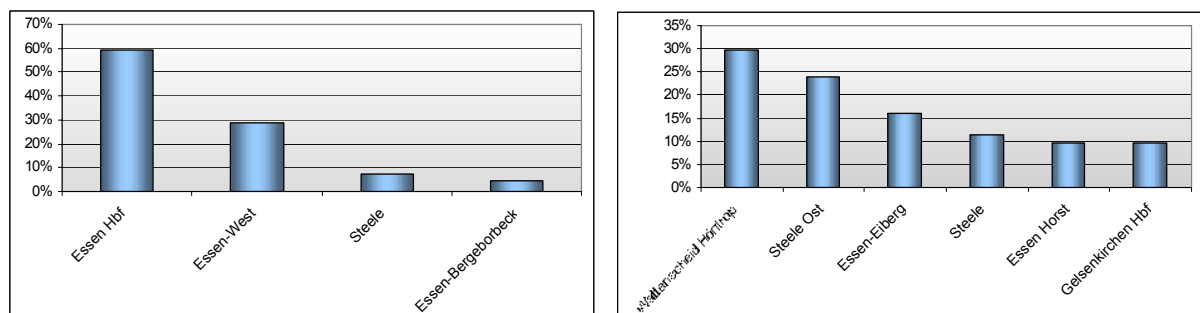


Abb. 6-16: Häufigkeitsverteilung der empfohlenen Ein- und Ausstiegshaltestellen

Am häufigsten wird der Essener Hauptbahnhof als Einstiegshaltestelle vorgeschlagen. Um die Verletzung einer Randbedingung zu verhindern, kann es jedoch sinnvoll sein, eine entferntere Einstiegshaltestelle zu wählen. Gleiches gilt für mögliche Ausstiegshaltestellen, denn verschiedene Bahnhöfe im Umfeld der Zieladresse eignen sich als Umstiegshaltestelle ins Taxi.

6.4.3 Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV

Während die bisher vorgestellten Ergebnisse gezeigt haben, dass die Nutzung des konventionellen Taxis durchaus auf den fahrplangebundenen ÖPNV abgestimmt sein kann und sich daraus unterschiedliche Ein- und Ausstiegshaltestellen ergeben, wird bei der Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV noch einen Schritt darüber hinaus gegangen. Fahrtwünsche werden zusammengefasst, so dass sich mehrere Fahrgäste ein Taxi für den Zu- und Abgang zum bzw. vom ÖPNV teilen können.

Im Gegensatz zur Kombination von konventionellem Taxi und ÖPNV beeinflusst nicht nur der Fahrplan des ÖPNV-Angebotes die Tour, sondern auch die Fahrtwünsche anderer potentieller Nutzer.

Kann die Kombination von ÖPNV und Mehrfahrgast-Taxi unter Berücksichtigung eines Mindestkomforts nicht empfohlen werden, wird alternativ die ausschließliche Nutzung des Mehrfahrgast-Taxis vorgeschlagen, so dass sich die Fahrgäste insgesamt auf beide Systeme verteilen.

Aus Fahrgastsicht ist die Beeinflussung der Verbindungsqualitätsstufe durch eine Begrenzung der Fahrzeitverlängerung gegenüber einer Taxifahrt leichter nachzuvollziehen, als durch Angabe der Mindestqualitätsstufe. Im nachfolgenden Szenario wird daher die gewünschte Verbindungsqualität nicht durch die voreingestellte Mindestverbindungsqualitätsstufe ÖPNV-D, sondern durch den Faktor zur zulässigen Fahrzeitverlängerung gegenüber der direkten Taxifahrt gewährleistet.

Die folgende Tabelle enthält die Ergebnisse des Szenarios

Mindestverbindungsqualitätsstufe: **ÖPNV-D**

Fahrzeitverlängerung gegenüber direkter Taxifahrt: **1,8**

Maximal zulässige Fahrzeitverlängerung gegenüber direkter Taxifahrt von Endhaltestelle zum Wohnort: **1,8**

Maximale Abholwartezeit: **30 Minuten**

Abfahrtswunschzeitraum: **01:00 Uhr – 02:00 Uhr**

Die Ergebnisse sind nach Auswirkungen auf den Fahrgast, den Taxibetreiber und das Verkehrsunternehmen gegliedert, um das Angebot aus Sicht der beteiligten Gruppen beurteilen zu können.

Tab. 6-8: Ergebnisse für das kombinierte System für 2000 Abfahrtszeitwünsche

Allgemein

	KOMET-Ansatz	
Anzahl der Fahrtwünsche	2.000	
	Kombinierter Ansatz	nur Mehrfahrgast-Taxi
Anzahl der Fahrtwünsche	1.236	764
davon Fußweg zur Einstiegs- haltestelle	171	
davon Fußweg von Ausstiegs- haltestelle	159	
davon nur Fußweg		9

Merkmale aus Sicht des Fahrgastes

	Kombinierter An- satz	nur Mehrfahrgast- Taxi
Ø Weglänge/Fahrgast (direkter Weg)	11,2 km	5,3 km
Ø Reisezeit pro Fahrgast	45 min	16 min
Ø Reisegeschwindigkeit	14,9 km/h	19,9 km/h
Ø Kosten pro Fahrgast*	10,48 €	6,25 €
Ø Abholwartezeit	13 min	10 min

* Fahrgäste, die nicht über eine Zeitkarte verfügen, müssen zusätzlich ein Ticket der Preisstufe A oder B (VRR) für 1,75 € bzw. 3,30 € lösen. Damit erhöht sich der Fahrpreis z.B. für die Nutzung des kombinierten Ansatzes von 10,48 € auf 12,23 € bzw. 13,78 €.

Merkmale aus Sicht des Taxibetreibers

	Kombinierter An- satz	nur Mehrfahrgast- Taxi
Ø Weglänge pro Fahrgast im Taxi	9,6 km	6 km
Ø Taxifahrzeit pro Fahrgast	32 min	16 min
Personenkilometer für die Taxifahrten	16.499 km	
Besetzkilometer	9.894 km	
Ø Besetzung (Anzahl der Fahrgäste)	1,7 Personen	
Ø Einnahmen/Taxi*	18,86 €	
Anzahl der benötigten Taxis	939	
Einnahmen absolut €	17.720 €	

*Taxitarif Essen

Merkmale aus Sicht des Verkehrunternehmens

	Kombinierter An- satz
Ø Fahrzeit im ÖPNV	13 min
Weglänge ÖPNV	8,2 km

Von den 2.000 ausgewählten Fahrgästen können bei einer zugelassenen Fahrtzeitverlängerung von 1,8 gegenüber der direkten Taxifahrt und einer maximalen Wartezeit von 30 Minuten 1.236 und somit rund 62 % der Fahrgäste

die Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV nutzen. Für neun Fahrgäste liegt die Luftlinienentfernung zwischen Discothek und Wohnort unter 500 m, so dass bei ihnen davon ausgegangen wird, dass sie den Heimweg zu Fuß antreten. Ein deutlich höherer Anteil der Fahrgäste legt entweder den Zu- oder Abgang zu Fuß zurück, da dieser jeweils unter 500 m lang ist.

Fahrgäste, für die kein sinnvolles ÖPNV-Angebot existiert, nutzen das Mehrfahrgast-Taxi für die gesamte Heimfahrt. Die geringere Reisezeit und der fehlende Zwang des Umsteigens lassen dieses Angebot qualitativ hochwertiger erscheinen.

Die ÖPNV-Nutzung bietet sich vor allem bei größeren Entfernungen an, da hier der schnelle ÖPNV einbezogen werden kann. Die direkte Weglänge liegt bei Nutzern des kombinierten Ansatzes bei 11,2 km gegenüber 5,3 km bei Nutzern des Mehrfahrgast-Taxis. Diese Abhängigkeiten zwischen der durchschnittlichen Entfernung und dem Ergebnis des Bündelungsalgorithmus wird an folgender Abbildung deutlich.

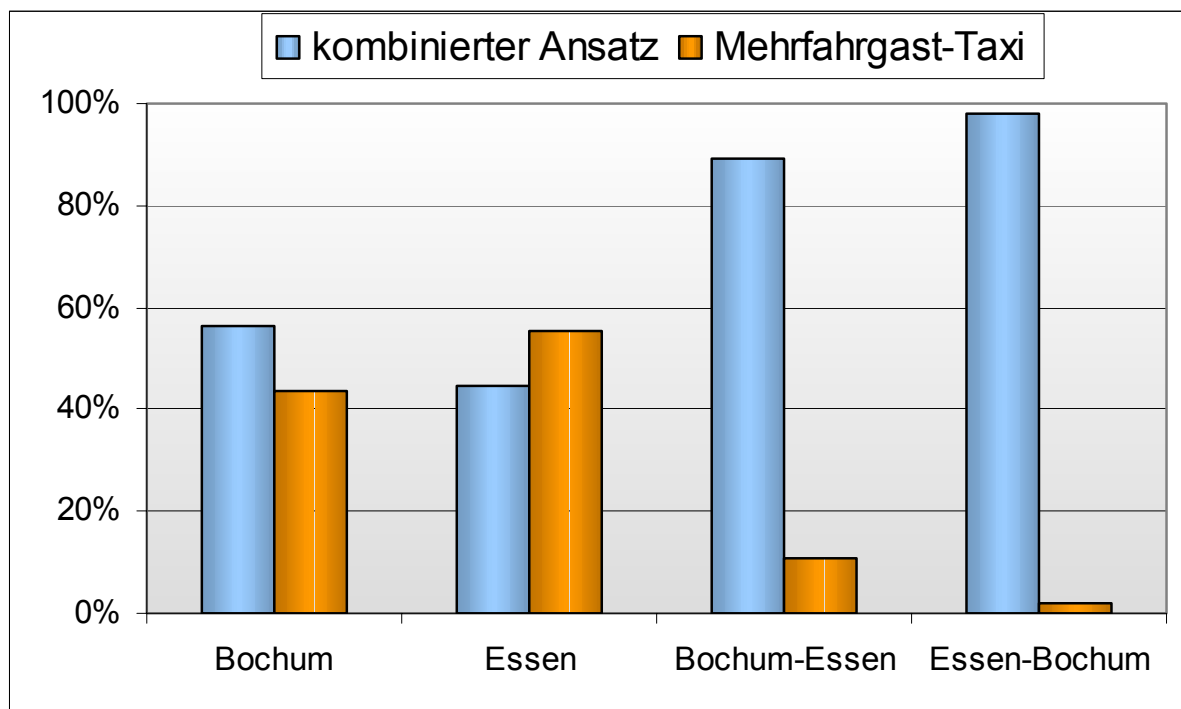


Abb. 6-17: Anteil der Relationen, die sich für die Kombination ÖPNV-Mehrfahrgast-Taxi bzw. Mehrfahrgast-Taxi eignen

Auf den städteübergreifenden Relationen im Korridor Dortmund-Düsseldorf kann das schienengebundene ÖPNV-Angebot genutzt werden. Nur rund 61 % der Nutzer des ÖPNV verbleiben innerhalb der Stadtgrenzen.

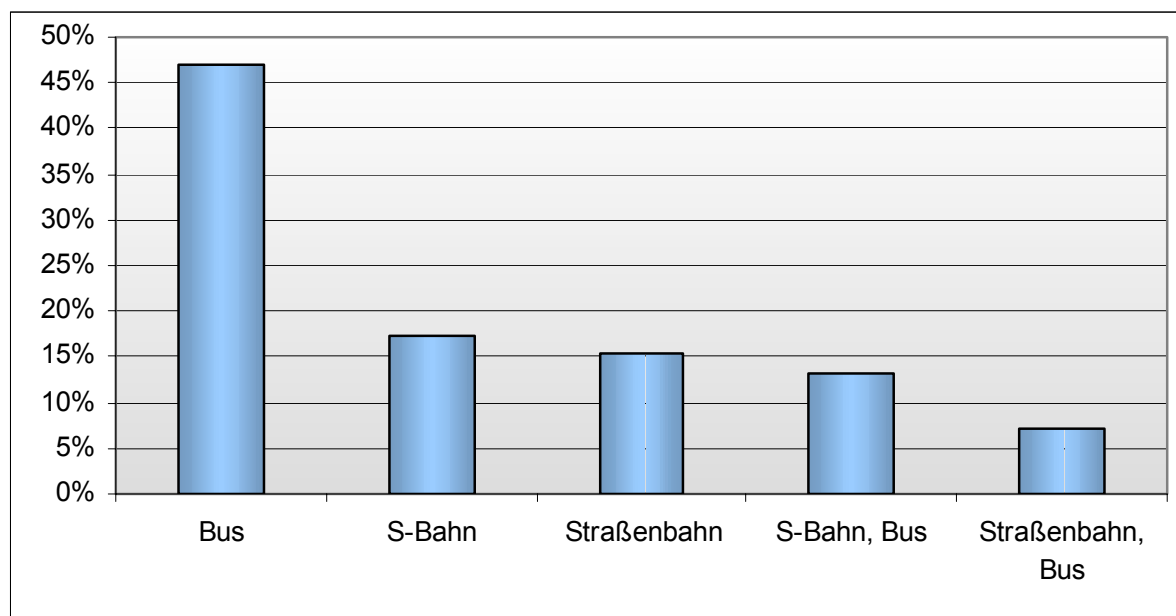


Abb. 6-18: Verkehrsmittelverteilung bei Nutzung des kombinierten Ansatzes

Ist die Einbeziehung des ÖPNV sinnvoll, wird in 47 % der Fälle die Nutzung von Bussen vorgeschlagen. Zur Bedienung der übrigen Fahrtwünsche werden die Kombination von Bussen und Bahnen sowie die ausschließliche Nutzung von S-Bahnen empfohlen. Die von Bussen zu erreichende Verbindungsqualitätsstufe ist häufig zu gering, um eine Kombination von Bussen und Mehrfahrgast-Taxis sinnvoll werden zu lassen.

Da die Wirtschaftlichkeit des Angebotes für den Taxibetreiber vorausgesetzt werden soll, wird der übliche Taxitarif als Fahrpreis angenommen. Beim Vergleich des durchschnittlichen Fahrpreises bei kombinierter Nutzung (ÖPNV/Mehrfahrgast-Taxi) bzw. bei ausschließlicher Nutzung des Mehrfahrgast-Taxis muss berücksichtigt werden, dass sich die Weglängen deutlich unterscheiden. Bei der ausschließlichen Nutzung des Mehrfahrgast-Taxis müssen durchschnittlich 1,18 € pro Kilometer gezahlt werden, bei der kombinierten Nutzung sind es hingegen nur 0,94 € pro Kilometer. Muss allerdings zusätzlich ein ÖPNV-Ticket der Preisstufe A bzw. B gelöst werden, erhöhen sich die Kosten pro Kilometer auf 1,09 € bzw. 1,23 €.

Bei der derzeitigen Taxitarifstruktur wirkt sich die Grundgebühr besonders negativ auf den Fahrpreis beim kombinierten Ansatz aus. Diese Grundgebühr wird beim kombinierten Ansatz pro Fahrgast zweimal erhoben und verteuert vor allem kurze Taxifahrten.

Fahrgäste, die den ÖPNV nutzen und solche, die direkt bis zur Haustür gebracht werden, sitzen gemeinsam im Taxi. Eine Differenzierung des Besetzungsgrads nach ÖPNV-Nutzern und Mehrfahrgast-Taxi-Nutzern ist deshalb nicht sinnvoll. Der Besetzungsgrad der eingesetzten Taxis liegt bei 1,7 Personen. Da die zurückzulegende Entfernung nicht proportional ansteigt, trägt die Bündelung der Fahrtwünsche zu einer Reduzierung des Fahrpreises bei.

Aus dem engen Zeitfenster von einer Stunde resultiert die hohe Anzahl von 939 benötigten Taxis. Insgesamt steigen knapp 2900 Fahrgäste in ein Taxi, so dass jedes Taxi durchschnittlich drei Kunden bedient.

Da der durchschnittliche Einsatzzeitraum der Taxis unter einer Stunde liegt, können seitens der Taxibetreiber pro Stunde durchschnittlich 24 € eingenommen werden.

Zur Überprüfung der Auswirkungen der geforderten Verbindungsqualität werden die selben Fahrtwünsche ein zweites Mal, jedoch unter Einhaltung anderer Restriktionen gebündelt.

Für die Gesamtfahrzeitverlängerung gegenüber der direkten Taxifahrt und die maximal zulässige Fahrzeitverlängerung gegenüber der direkten Taxifahrt von der Endhaltestelle zum Wohnort wird jeweils ein Faktor von 1,5 gegenüber 1,8 zum vorangegangenen Beispiel gewählt.

Die folgende Tabelle enthält die Ergebnisse des Szenarios

Mindestqualitätsstufe: **ÖPNV-D**

Gesamtfahrzeitverlängerung gegenüber direkter Taxifahrt: **1,5**

Maximal zulässige Fahrzeitverlängerung gegenüber direkter Taxifahrt von Endhaltestelle zum Wohnort: **1,5**

Maximale Abholwartezeit: **30 Minuten**

Abfahrtswunschzeitraum: **01:00 Uhr – 02:00 Uhr**

Tab. 6-9: Ergebnisse für das kombinierte System für 2000 Abfahrtszeitwünsche

Allgemein

	KOMET-Ansatz	
Anzahl der Fahrtwünsche	2.000	
	Kombinierter Ansatz	nur Mehrfahrgast-Taxi
Anzahl der Fahrtwünsche	672	1328
davon Fußweg zur Einstiegs-haltestelle	99	
davon Fußweg von Ausstiegs-haltestelle	109	
davon nur Fußweg		9

Merkmale aus Sicht des Fahrgastes

	Kombinierter Ansatz	nur Mehrfahrgast-Taxi
Ø Weglänge/Fahrgast (direkter Weg)	13,0 km	6,9 km
Ø Reisezeit pro Fahrgast	42 min	17 min
Ø Reisegeschwindigkeit	18,6 km/h	24,4 km/h
Ø Kosten pro Fahrgast*	11,98 €	7,09 €
Ø Abholwartezeit	13 min	9 min

*Fahrgäste, die nicht über eine Zeitkarte verfügen, müssen zusätzlich ein Ticket der Preisstufe A oder B (VRR) für 1,75 € bzw. 3,30 € lösen. Damit erhöht sich der Fahrpreis z.B. für die Nutzung des kombinierten Ansatzes von 6,90 € auf 8,65 € bzw. 10,20 €.

Merkmale aus Sicht des Taxibetreibers

	Kombinierter Ansatz	nur Mehrfahrgast-Taxi
Ø Weglänge pro Fahrgast im Taxi	8,5 km	7,3 km
Ø Taxifahrzeit pro Fahrgast	28 min	17 min
Personenkilometer für die Taxifahrten	15.395,65 km	
Besetzkilometer	9.868 km	
Ø Besetzung (Anzahl der Fahrgäste)	1,6 Personen	
Ø Einnahmen/Taxi *	19,03 €	
Anzahl der benötigten Taxis	926	
Einnahmen absolut €	17.623 €	

*Taxitarif Essen

Merkmale aus Sicht des ÖPNV

	Kombinierter Ansatz
Ø Fahrzeit im ÖPNV	14 min
Weglänge ÖPNV	10,1 km

Die Herabsenkung der zulässigen Fahrzeitverlängerung wirkt sich stark auf die Anzahl der Fahrgäste aus, die den kombinierten Ansatz nutzen können. Nur für knapp 34 % der Fahrgäste ist die Einbeziehung des ÖPNV sinnvoll.

Die durchschnittliche Reisezeit verringert sich trotz der restriktiven Randbedingungen sowohl für die Nutzer des kombinierten Ansatzes als auch Nutzer des Mehrfahrgast-Taxis kaum. Die Erhöhung der Verbindungsqualität wird somit durch einen höheren Anteil an Nutzern des Mehrfahrgast-Taxis realisiert.

Trotz nahezu einer Verdoppelung der Fahrgäste, die ausschließlich das Mehrfahrgast-Taxi nutzen können, reduzieren sich die Personenkilometer bei Taxifahrten und daraus resultierend auch die Fahrpreise pro Kilometer. Dies legt den Schluss nahe, dass die Einbindung des ÖPNV vielfach mit hohen Umwegfahrten des Taxis verbunden ist.

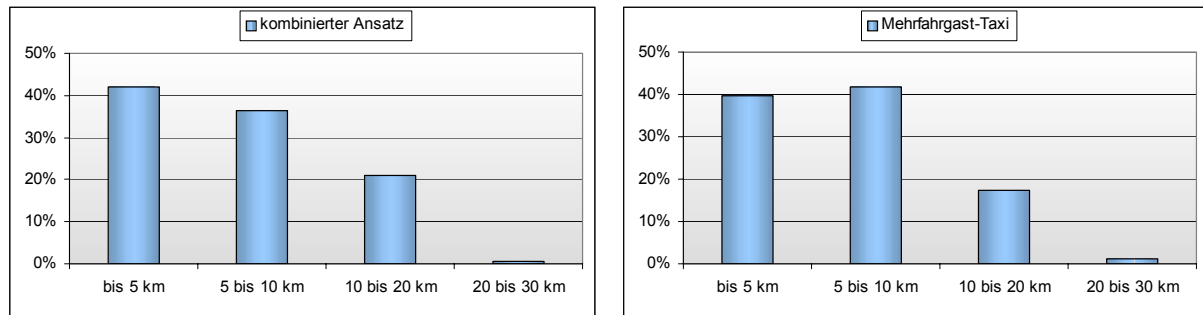


Abb. 6-19: Häufigkeitsverteilung der mit dem Taxi zurückgelegten direkten Entfernungen

Beim kombinierten Ansatz betragen die mit dem Taxi zurückgelegten direkten Entfernungen durchschnittlich 6,86 Kilometer. Dabei sind Entfernungen von bis zu fünf Kilometer am häufigsten vertreten. In rund 20 % der Fälle liegt die Summe aus Zu- und Abgangsentfernung zum bzw. vom ÖPNV über 10 Kilometer.

Mit durchschnittlich 6,92 Kilometer legen Nutzer des Mehrfahrgast-Taxis nahezu die gleiche Entfernung im Taxi zurück. In über 80 % der Fälle wird das Mehrfahrgast-Taxi für Entfernungen unter 10 Kilometer genutzt.

Trotz annähernd gleicher direkter Entfernung ist die tatsächlich zurückgelegte Entfernung beim kombinierten Ansatz deutlich höher. Die höhere Umwegigkeit ist dadurch bedingt, dass sowohl beim Zu- als auch beim Abgang ein Matching von Fahrtwünschen vorgenommen wird. Die höhere Reisezeit resultiert zudem aus der geringeren Luftliniengeschwindigkeit auf kurzen Strecken.

Ausschlaggebend für die Akzeptanz eines Mobilitätsangebotes ist die Kosten/Nutzen-Bilanz, die jeder Fahrgast individuell für sich aufstellt.

Mit dem Wechsel von der reinen ÖPNV-Nutzung zur Nutzung des kombinierten Angebotes ist für den Fahrgast eine Fahrpreiserhöhung verbunden. Trotz der Teilung des Fahrpreises durch mehrere Fahrgäste und der Einbeziehung des ÖPNV liegen die Fahrpreise oberhalb der geäußerten Zahlungsbereitschaft vieler junger Erwachsener.

Im Rahmen der MoDis-Untersuchung wurde die Zahlungsbereitschaft junger Erwachsener für ein attraktives, jedoch nicht näher spezifiziertes Mobilitätsangebot für den Heimweg von der Disco erfragt.

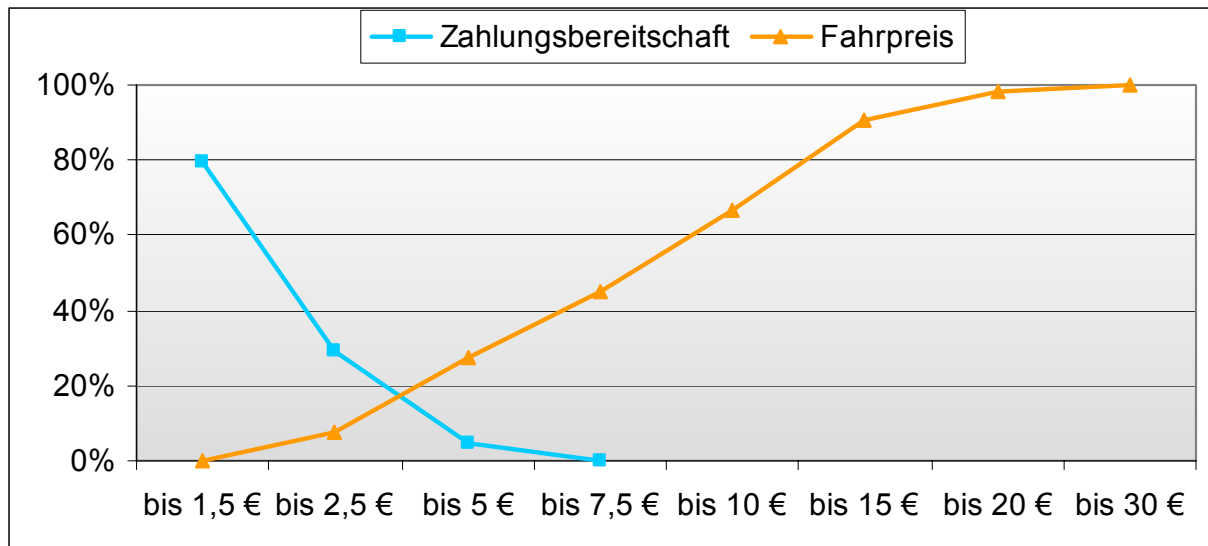


Abb. 6-20: Gegenüberstellung der Fahrpreishäufigkeit mit der Zahlungsbereitschaft

Die Grafik verdeutlicht, dass nur 30 % der Fahrpreise, hingegen 95 % der geäußerten Zahlungsbereitschaft, unter 5 € liegen. Aussagen über die Nachfrage können anhand dieses Ergebnisses jedoch nicht getroffen werden, da nicht auszuschließen ist, dass nicht nur der Fahrpreis, sondern auch die Zahlungsbereitschaft entfernungsabhängig ist.

Die im Rahmen der Studie MoDis durchgeführten Befragungen haben gezeigt, dass der Modal Split (ÖPNV-Anteil am Gesamtverkehr) auf Discowegen zwischen 20 und 40 % liegt. Dieser hohe Modal Split resultiert weniger aus den Vorteilen der ÖPNV-Nutzung als vielmehr aus dem hohen Anteil an Discothekenbesuchern, die nicht über einen Pkw oder eine Mitfahrgelegenheit verfügen. Er korreliert stark mit der Lage einer Disco und somit mit der Erreichbarkeit mit öffentlichen Verkehrsmitteln und mit dem Alter der Discothekenbesucher.

Im Vergleich zum reinen ÖPNV-Angebot zeichnet sich das neue Angebot durch einen höheren Preis aus. Da sich der kombinierte Ansatz jedoch nur als Ergänzung des bestehenden ÖPNV-Angebotes versteht, ist nicht mit einem Verdrängungsprozess zugunsten des privaten Pkw zu rechnen.

Flexibilität lässt sich über die Abholwartezeit und die Reisezeit ausdrücken. Es ist zu vermuten, dass sich die zulässige Abholwartezeit auf die Reisezeit auswirkt. Zur Untersuchung dieses Zusammenhangs werden jeweils 500 Fahrt-

wünsche bei Abholwartezeiten von 20, 25 und 30 Minuten gebündelt. Als weitere konstante Randbedingungen werden gewählt:

Mindestqualitätsstufe: **ÖPNV-A**

Gesamtfahrzeitverlängerung gegenüber direkter Taxifahrt: **2,0**

Maximal zulässige Fahrzeitverlängerung gegenüber direkter Taxifahrt von Endhaltestelle zum Wohnort: **2,0**

Maximale Abholwartezeit: **20, 25, 30 Minuten**

Abfahrtswunschzeitraum: **01:00 Uhr – 01:15 Uhr**

Tab. 6-10: Abhängigkeit zwischen Abholwartezeit und Reisezeit

Zul. Abholwartezeit	Ø Abholwartezeit	Ø Reisezeit	Summe
20 min	10 min	30 min	40 min
25 min	10 min	34 min	44 min
30 min	12 min	36 min	48 min

Die Summe aus Abholwartezeit und Reisezeit liegt durchschnittlich zwischen 40 und 48 Minuten. Mit steigender zulässiger Abholwartezeit verbessern sich die Bedingungen für eine erfolgreiche Bündelung von Fahrtwünschen. Ein hoher Bündelungsgrad bewirkt jedoch eine Erhöhung der Reisezeit.

Abb. 6-21 verdeutlicht anhand von 10 ausgewählten Fahrtwünschen, dass die Summe aus Abholwartezeit und Reisezeit in Abhängigkeit der maximal zulässigen Wartezeit variiert. Für den einzelnen Fahrgast kann sich eine Erhöhung der zulässigen Abholwartezeit sowohl positiv als auch negativ auf die Gesamt-reisezeit auswirken.

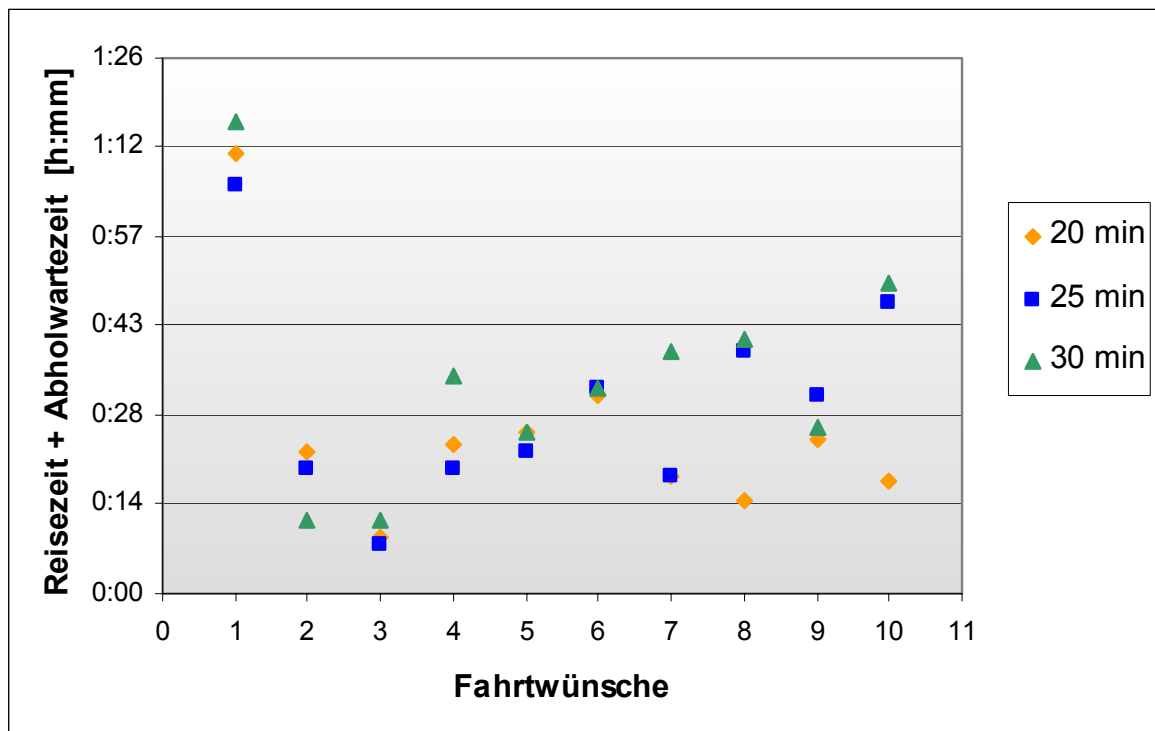


Abb. 6-21: Summe aus Abholwartezeit und Reisezeit nach zulässiger Wartezeit für 10 ausgewählte Fahrtwünsche

Von Interesse ist auch, wie sich die maximal zulässige Wartezeit auf die tatsächliche Wartezeit auswirkt.

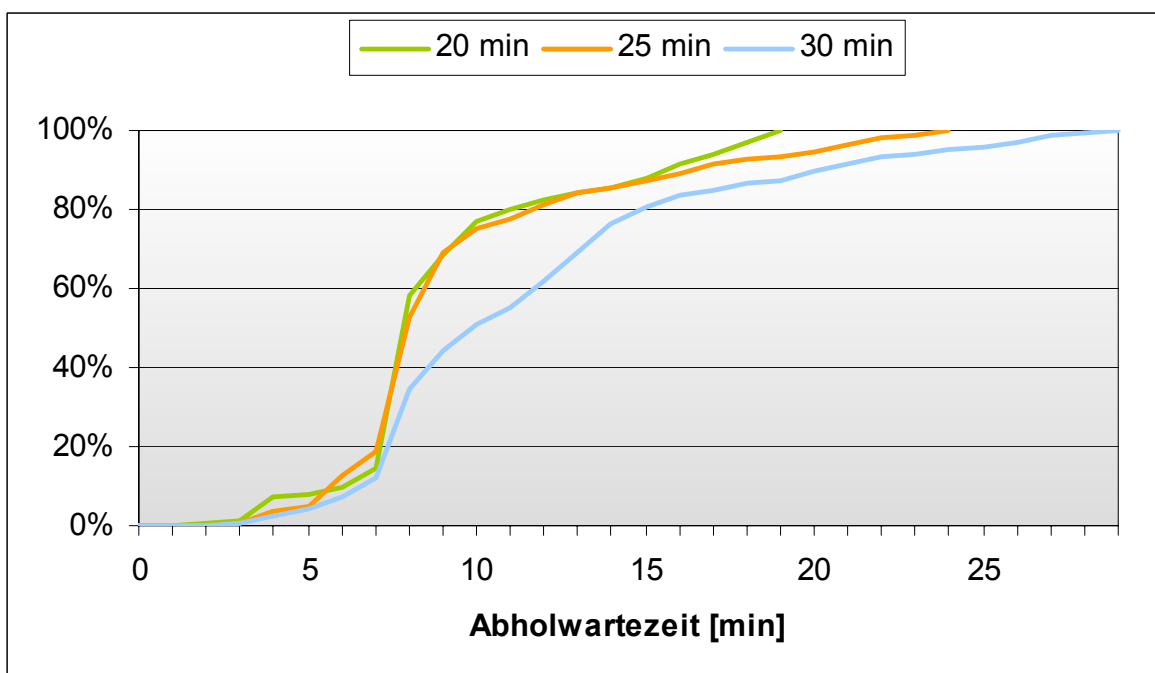


Abb. 6-22: Summenhäufigkeit der Abholwartezeit nach maximaler Abholwartezeit

Die Darstellung der Summenhäufigkeit verdeutlicht, dass bei einer maximal zulässigen Abholwartezeit von 30 Minuten der Anteil derer, die über 15 Minuten auf eine Verbindung warten müssen, unter 20 % liegt.

Insgesamt lässt sich aus den Ergebnissen der Simulationen ableiten, dass die Kombination von ÖPNV und Mehrfahrgast-Taxi im Hinblick auf die Flexibilität dem Anspruch junger Erwachsener deutlich näher kommt als das bestehende Angebot.

6.5 Chancen für die Umsetzung des neuen Ansatzes in den Online-Betrieb

Aufgrund der Attraktivität des neuen Mobilitätsangebots erscheint es sinnvoll, den Ansatz weiterzuverfolgen und die Chancen für eine Umsetzung des Systems abzuschätzen.

Als vorteilhaft erweist es sich, dass das Programmsystem KOMET in bestehenden Taxizentralen eingesetzt werden kann. Als Schnittstelle zwischen einer Dispositionszentrale und dem Kunden bietet sich das Telefon und speziell das Handy an, über das Jugendliche zunehmend verfügen. Der Disponent benötigt Angaben zur Quell- und Zieladresse und kann dem Kunden die Möglichkeit der Nutzung des KOMET-Systems und die damit verbundenen Randbedingungen aufzeigen. Fällt die Entscheidung auf das KOMET-System, ergibt sich als Ergebnis des automatisierten Berechnungsverfahrens ein Tourenplan für das Taxi sowie eine Fahrplanauskunft für den Kunden mit Abfahrts- und Ankunftszeiten, die per SMS an den Kunden und den Taxifahrer weitergeleitet werden können.

Als Erweiterung zu dem bisher angewendeten Simulationsmodell ist bei einem Echtzeitbetrieb zudem eine wechselseitig bedienbare Schnittstelle zwischen der Dispositionszentrale und dem Taxi erforderlich. Zum einen wird über GPS eine Ortung der Taxis vorgenommen und diese Information in das KOMET-System integriert. Zum anderen erhält das Taxi einen optimierten Touren- und gegebenenfalls auch Routenplan. Zu einer weiteren Optimierung erscheint auch die Verknüpfung des KOMET-Systems mit einer dynamischen Fahrplanauskunft sinnvoll.

Sämtliche Aufgaben können vor allem in der Anlaufphase vom vorhandenen Personal der Taxizentrale übernommen werden, so dass der Betrieb dieses neuen Angebotes kaum zusätzliche Kosten verursacht. Denkbar ist auch die Integration des KOMET-Systems in das Serviceangebot einer Mobilitätszentrale. Die Betreiber von Mobilitätszentralen haben sich insbesondere zum Ziel gesetzt, verkehrsmittelübergreifende Ansätze zu fördern.⁷⁴

Um die Wirtschaftlichkeit des neuen Angebotes vorauszusetzen, wurde bei den Simulationsberechnungen der Fahrpreis in Abhängigkeit des erzielten Bündelungsgrads festgelegt. In der Praxis muss dem Fahrgast der Fahrpreis zumindest näherungsweise vor Antritt der Fahrt mitgeteilt werden. Die erste Variante wäre, dass der Fahrgast jeweils einen Preis in Abhängigkeit der Luftlinienentfernung zwischen Quelle und Ziel zu zahlen hat. Damit ist er dem Risiko enthoben, dass sich keine Fahrgäste finden, mit denen er sich das Taxi teilen kann oder es keine geeignete ÖPNV-Verbindung gibt. Für einen hohen Bündelungsgrad ist somit der Taxibetreiber verantwortlich. Als Alternative gelten Pauschalpreise, die unabhängig von der Entfernung zu zahlen sind oder auch Modelle, bei denen sich die Fahrgäste den Fahrpreis teilen.

Sofern von einer direkten Bezahlung des vollen Fahrpreises ausgegangen wird, führt die Differenz zwischen Zahlungsbereitschaft und Fahrpreis zu einer deutlichen Reduzierung des Kundenpotenzials.

Einen Beitrag zur Erhöhung der Nachfrage und zur Reduzierung der Betriebskosten kann das E-Ticketing leisten. Bereits in der Testphase befinden sich Modelle, bei denen der Fahrschein über die Tastatur des Handys gelöst wird und die Abrechnung über die Telefonrechnung erfolgt.⁷⁵ Auf diese Weise ist die Kostentransparenz geringer und die Zugangsbarriere „Barzahlung des Tickets“ wird abgebaut. Gleichzeitig wird die Bereitstellung von Infrastruktureinrichtungen wie Ticketautomaten überflüssig. Als weiterer Vorteil ist die Vereinfachung bei der Aufteilung der Fahrgelder zwischen den ÖPNV- und den Taxiunternehmen zu nennen.

⁷⁴ Müller, G.; Rabe, S.; Stierand, Ph. (2003). Standards für Mobilitätszentralen, Abschlussbericht im Rahmen des Projektes „Standards für den öffentlichen Verkehr – Instrument zur Steigerung der Effizienz und Sicherung der Qualität“, Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Dortmund.

⁷⁵ Müller, Chr. (2003). E-Ticketing – Umsetzung wird konkret, in: Internationales Verkehrswesen, 5/2003.

7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die hohe Beteiligung Jugendlicher und junger Erwachsener an nächtlichen Verkehrsunfällen wurde zum Anlass genommen, ein Mobilitätsangebot zu entwickeln, das eine Alternative zur Nutzung des privaten Pkw darstellt.

In einer ersten Stufe der Studie wurden die Anforderungen der Zielgruppe an ein Mobilitätsangebot ermittelt. Es hat sich gezeigt, dass sich Jugendliche und junge Erwachsene ein zuverlässiges, flexibles und kostengünstiges ÖPNV-Angebot wünschen. Der Zusammenhang zwischen der Qualität eines Angebotes und der Nachfrage wird darin deutlich, dass rund 70 % der Jugendlichen nach eigenen Angaben bei einem besseren Angebot öffentliche Verkehrsmittel immer oder zumindest öfter nutzen würden. Zudem ist die Zufriedenheit mit dem nächtlichen ÖPNV-Angebot in Städten, in denen Busse und Bahnen durchgängig verkehren, deutlich höher als in Städten, in denen das ÖPNV-Angebot nachts eingestellt wird. Aufgrund dieser Abhängigkeiten war zu erwarten, dass sich eine Angebotsverbesserung positiv auf die Anzahl der Fahrgäste auswirkt.

Ein flexibles Angebot zeichnet sich durch häufige Abfahrtszeiten, günstige Verbindungen und kurze Wege zur Haltestelle aus. Ein nächtliches Linienangebot, wie es in den meisten größeren Städten bereits existiert, wird dieser Forderung nur teilweise gerecht.

Trotzdem sind die Vorteile des liniengebundenen Angebots aufgrund der hohen Siedlungsdichte in Ballungsräumen unumstritten. Die Attraktivität des liniengebundenen ÖPNV-Angebotes wird erhöht, wenn sich die Haltestellen in direktem Umfeld der Discotheken befinden. Wird die Discothek an den zentralen Verknüpfungspunkt angebunden, können alle Stadtteile mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreicht werden.

Da Nachtbusse in Ballungsräumen in der Regel im Stundentakt verkehren und das Liniennetz ausgedünnt ist, entstehen gegenüber dem Normalangebot erhebliche zeitliche und räumliche Lücken. Diese können durch ein zusätzliches flexibles Angebot abgedeckt werden.

Unter dieser Prämisse wurde das Programmsystem KOMET entwickelt. Die Innovation des Lösungsansatzes KOMET ist in der Kombination des Mehrfahrgast-Taxis und des bestehenden ÖPNV-Angebotes zu sehen. Für den Zu- und Abgang zum ÖPNV werden Mehrfahrgast-Taxis eingesetzt, so dass ins-

gesamt ein Haustür-Haustür-System angeboten wird. Fußwege zur und von der Haltestelle, die zu einer Verlängerung der Reisezeit führen, entfallen.

Bietet sich die ÖPNV-Nutzung unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen, wie der Reisezeit und der Umsteigehäufigkeit nicht an, kann die Fahrt unter ausschließlicher Nutzung des Mehrfahrgast-Taxis zurückgelegt werden. Auf diese Weise wird den Jugendlichen eine Mobilitätsgarantie gegeben und der Forderung nach Zuverlässigkeit entsprochen.⁷⁶

Zur Abschätzung der Effekte dieses Ansatzes wurden die Heimfahrten aller Discothekenbesucher innerhalb des Planungsraums, den Städten Bochum und Essen, in einer Nacht von Samstag auf Sonntag simuliert. Die Quell-/Ziel-Beziehungen und die Abfahrtszeiten wurden anhand der Ergebnisse einer Mobilitätsanalyse erzeugt.

Im Rahmen der Untersuchung konnte gezeigt werden, dass sich die Ausgangssituation im Ballungsraum für die Einrichtung eines flexiblen Angebotes günstig darstellt. Rund 20 % der Besucher verlassen die Discothek in der gleichen Stunde. Dadurch ergibt sich ein Bündelungspotenzial von etwa 1,6 Personen (in Abhängigkeit der Randbedingungen), die zeitgleich ein Taxi nutzen. Als weiterer Vorteil ist die Möglichkeit der Einbeziehung des vorhandenen ÖPNV-Angebotes aufzuführen, so dass auch bei der Zurücklegung größerer Entfernungen die Fahrkosten bei der jetzigen Tarifstruktur nicht proportional ansteigen.

Vor allem durch Einbeziehung des schienengebundenen ÖPNV können Verbindungsqualitätsstufen erzielt werden, die an die von Taxis erzielten Verbindungsqualitätsstufen heranreichen oder diese noch übertreffen. Auf kurzen Strecken lohnt sich die Einbeziehung des ÖPNV hingegen nicht. Die finanziellen Auswirkungen sind gegenüber der ausschließlichen Nutzung des Taxis gering. Demgegenüber verlängert sich die Reisezeit teilweise erheblich.

Durch die vorhandene Rückfallebene „ausschließliche Nutzung des Mehrfahrgast-Taxis“ bleibt die Qualität des Angebotes erhalten, auch wenn das ÖPNV-Angebot tageszeitlichen Schwankungen unterlegen ist. Der Umfang des ÖPNV-Angebotes wirkt sich somit lediglich auf den Fahrpreis aus.

⁷⁶ Ach, M.; Ach, J. (2001). Kneipenbus – erfolgreiches Modell eines flexiblen Freizeitverkehrs für junge Leute, in: Erfahrungen mit flexiblen Bedienweisen im ÖPNV während der Nachtstunden, Forschungsbericht aus dem Fachbereich Bauwesen, Nr. 88, Universität Essen.

Insbesondere Flexibilität und Reisegeschwindigkeit beeinflussen die Akzeptanz dieses Angebotes. Eine hohe Reisegeschwindigkeit und damit eine aus Fahrgastsicht attraktive Verbindung wird nur erreicht, wenn Bussen und Bahnen auf längeren Teilstrecken genutzt werden können und die Dauer der Zugangs- und Abgangstaxifahrt begrenzt wird. Sehr wichtig ist daher die Definition sinnvoller Randbedingungen.

Geringe Fahrpreise, eine wichtige Forderung Jugendlicher und junger Erwachsener, werden neben der Einbeziehung des ÖPNV durch das Matching (Bündelung) von Fahrtwünschen erzielt. Fahrgäste nutzen das Mehrfahrgast-Taxi zu der in Abhängigkeit des Fahrplans und des Bündelungspotenzials günstigsten Haltestelle und auch die günstigste Ausstiegshaltestelle wird durch das Programmsystem KOMET bestimmt.

Die Vorteile für den Taxiunternehmer zeigen sich in einer Erhöhung der Nachfrage. Werden keine zusätzlichen Taxis eingesetzt, reduzieren sich die Standzeiten, die in die Kalkulation des Fahrpreises einfließen. Gegebenenfalls könnte, entgegen den Annahmen in der Simulationsrechnung, die Nutzung des KOMET-Ansatzes zu einem im Vergleich zum konventionellen Taxi günstigeren Tarif angeboten werden.

Während ein bedarfsorientiertes Angebot in ländlichen Gebieten und auch in Ballungsräumen in Tagesrandzonen häufig ein Linienangebot ersetzt, baut der KOMET-Ansatz in erster Linie auf die Verknüpfung beider Systeme. Allerdings können bei Umsetzung des KOMET-Systems unwirtschaftliche Linienangebote auch entfallen. Dann ist jedoch eine Integration des Mehrfahrgast-Taxis in das ÖPNV-Tarifsysteem wünschenswert.

Die besondere Eignung des Systems zur Abwicklung städteübergreifender Relationen lässt eine Übertragung des Ansatzes auf Berufspendler möglich erscheinen. Trotz eines deutlich feinmaschigeren Netzes während der Tagstunden geht der Verzicht der Nutzung des ÖPNV als Zubringer zum schienengebundenen ÖPNV auch für Berufspendler mit einer Verringerung der Reisezeit einher. Dies ist vor dem Hintergrund zu bewerten, dass bei den hier durchgeführten Berechnungen stets von Staufreiheit, bzw. von einer hohen Qualitätsstufe im MIV ausgegangen wurde.

Durch die begrenzte Leistungsfähigkeit des Hauptverkehrsstraßennetzes kommt es vor allem im Berufsverkehr häufig zu Staus und einer deutlichen

Reduzierung der Mindestqualitätsstufe bei Nutzung des Straßennetzes. Im Gegensatz dazu ist beim schienengebundenen ÖPNV durch eine Erhöhung des Verkehrsaufkommens nicht mit erheblichen Einflüssen auf die Verbindungsqualität zu rechnen. Da in den Spitzenstunden sowohl in zeitlicher als auch in räumlicher Hinsicht deutlich mehr ÖPNV-Verbindungen bedient werden, ist zu vermuten, dass die durchschnittliche Qualitätsstufe gerade in den Spritzenstunden hoch ist. Im Vergleich zu Jugendlichen und jungen Erwachsenen ist bei Berufspendlern außerdem von einer höheren Zahlungsbereitschaft auszugehen.

Auch gegenüber anderen intermodalen Systemen weist die Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV Vorteile auf. So entfallen im Vergleich zu Park and Ride die Notwendigkeit von Infrastruktureinrichtungen und das ungünstige Verhältnis zwischen Standzeit und Fahrzeit. Gleichzeitig kommt die Nichtverfügbarkeit des Fahrzeuges für andere Familienmitglieder nicht zum Tragen.

Ein hoher Parkdruck im Zielgebiet trägt zusätzlich zu einer Attraktivitätssteigerung des ÖPNV gegenüber dem Pkw bei.

Zur Überprüfung der Akzeptanz dieses Angebotes bedarf es weiterer Untersuchungen, die nur im Rahmen eines Pilotprojektes durchgeführt werden können. Eine Umsetzung des KOMET-Ansatzes in den Online-Betrieb ist daher wünschenswert. Dabei gilt es vor allem die tatsächliche Zahlungsbereitschaft für das konkrete Angebot zu ermitteln. Außerdem wäre zu prüfen, ob die Differenz zwischen Zahlungsbereitschaft und Fahrpreis durch geeignete Maßnahmen (z.B. Einbeziehung des Fahrpreises in den Discothekeneintrittspreis) verringert werden kann.

Da bei der Entwicklung des KOMET-Lösungsansatzes die Anforderungen junger Erwachsener an ein nächtliches ÖPNV-Angebot im Vordergrund standen und sich anhand der Simulationsrechnungen gezeigt hat, dass die Nutzung dieses Systems für den Fahrgast tatsächlich Vorteile bringt, ist zu erwarten, dass dieses Angebot zu einer Erhöhung der ÖPNV-Nutzung und somit gleichzeitig zu einer Erhöhung der Sicherheit auf Disco-Wegen beitragen kann.

Literatur

Ach, M.; Ach, J. (2001). Kneipenbus – erfolgreiches Modell eines flexiblen Freizeitverkehrs für junge Leute, in: Erfahrungen mit flexiblen Bedienweisen im ÖPNV während der Nachtstunden, Forschungsbericht aus dem Fachbereich Bauwesen, Nr. 88, Universität Essen.

Arndt, K. (1991). Entwicklung eines Verfahrens zur Abschätzung einer potenziellen P+R-Nachfrage im Berufsverkehr, Darmstadt.

Bauer, M. & Baab, R. (1995). Selbstkonzept und Persönlichkeitsstruktur alkoholauffälliger Kraftfahrer: Wie sehen sie sich selbst und wie werden sie von anderen eingeschätzt? Blutalkohol, 32, 8-25.

Bihn, F. et al. (1994). Differenzierte Bedienungsweisen im ÖPNV, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), Köln.

Borndörfer, R.; Grötschel, M. & Löbel, A. (2000). Der schnellste Weg zum Ziel, Berlin.

Borndörfer, R.; Grötschel, M.; Klostermaier, F. & Küttner, Chr. (1997). Berliner Telebussystem bietet Mobilität für Behinderte, in: Der Nahverkehr, Heft 1-2.

Borndörfer, R.; Grötschel, M.; Klostermaier, F. & Küttner, Chr. (1997). Optimierung des Berliner Behindertenfahrdienstes, URL: <http://www.zib.de>.

Buchholz, J.; Clausen, U.; Vastag, A. (Hrsg.) (1998). Handbuch der Verkehrslogistik, Berlin.

Bundesministerium für Verkehr, (Hrsg.) (1995). Discobusse als Alternative zum Auto – Mehr Sicherheit durch spezielle nächtliche Beförderungsangebote, in: Verkehrsnachrichten, Heft 8, Bonn.

Burmeister, J. (2002). Neue Ansätze für den Nahverkehr in der Region, in: Der Nahverkehr, 1-2/2002.

Cerny, V. (1985). Thermodynamical Approach to the Travelling Salesman – An Efficient Simulation Algorithm, Journal of Optimazation Theory 45.

Clarke, G. und Wright, J.W. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. in: Operations Research 12, S. 568-581.

Croes, G. (1958). A method for solving traveling salesman problems. Operations Research, 6, 791-812.

Domschke, W. (1997). Logistik: Rundreisen und Touren, München.

Dueck, G. (2000). Wild Duck, Empirische Philosophie der Mensch-Computer-Vernetzung, Heidelberg.

Eberhard, U. (1987). Mehr-Depot-Tourenplanung, München.

Feige, H. (2001). Entscheidungsunterstützungssysteme – Naturanaloge Verfahren, UTP: www.logistik.wiso.uni-erlangen.de.

Fiedler, J. (1993). ÖPNV Planung und Betrieb kurzgefasst. Lehr- und Forschungsgebiet: Öffentliche Verkehrs- und Transportsysteme der Bergischen Universität Wuppertal, Wuppertal.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (1999). Anforderungen jüngerer Menschen an öffentliche Verkehrssysteme, Köln.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (1991). Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE), Köln.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (1995). Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences, Köln.

Gillett, B.E. und Miller, L.R. (1974). A heuristic algorithm for the vehicle-dispatch problem in: Operations Research 22, S. 340-349.

Greschner, G. (1984). Bedarfsgesteuerte Bussysteme, Innovative Informatikanwendungen in transport-, Verkehrs- und Leitsystemen GmbH, (INT), Karlsruhe.

Haller, M. (1999). Wirkungsanalyse von Verbesserungen des ÖPNV-Angebotes im ländlichen Raum durch bedarfsgesteuerte Bussysteme am Bei-

spiel des Landkreises Erding, in: Schriftenreihe des Lehrstuhls Verkehrs- und Stadtplanung der Technischen Universität München, München.

Hautzinger, H., Hamacher, R. & Tassaux-Becker, B. (1996). Mobilität der westdeutschen Bevölkerung, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 55, Bergisch Gladbach.

Holzwarth, J., Biesinger, A., Funke, T. (2000). M21 – Einführung neuer telematikgestützter Mobilitätsdienstleistungen für den Berufsverkehr im Ballungsraum, in: Straßenverkehrstechnik 10/2000, Köln.

Hoopmann, R. (1997). Rufbusse – Systemvergleich und aktuelle Entwicklungen, in: Verkehrszeichen 4/97, S. 23-28, Mülheim.

Hoppe, R., Tekaat, A. (1995). Disco-Busse, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 42, Bergisch Gladbach.

Hoppe, R. et al. (1998). Vom Risikoverhalten zur Risikokompetenz, Bonn.

<http://www.pnvregion.de>

Kirchhoff, P. (1999). Flexible Betriebsweisen im ÖPNV, in: Der Nahverkehr, Heft 11/99.

Kirkpatrick, S.; Gelatt, Jr.; Vecchi, M. P. (1983). Optimization by Simulated Annealing; in: Science 220.

Krause, J. (1999). Unterwegs in Stadt und Land, in: Frauen und Männer in der mobilen Gesellschaft, Opladen.

Krüger, H.-P.; Braun, P.; Kazenwadel, J.; Reiß, J. & Vollrath, M. (1997). Soziales Umfeld, Alkohol und junge Fahrer. Bericht zum Forschungsprojekt 8913 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.

Limbourg, M. (1997). Mit dem öffentlichen Verkehr zur Disco - eine Möglichkeit zur Prävention von Disco-Unfällen. Mobil und Sicher, Heft 45, Mai, Seite 17.

Lin, S. (1965). Computer Solutions of the Traveling Salesman Problem. The Bell System Technical Journal Vol. 44, No. 10, Dec. 1965, S. 2245-2269.

Mehlert, Chr. (2001). Die Einführung des AnrufBus im ÖPNV, Bielefeld.

Mehlert, Chr. (2002). UTPP: www.anrufbus.com.

Müller, Chr. (2003). E-Ticketing – Umsetzung wird konkret, in: Internationales Verkehrswesen, 5/2003.

Müller, G.; Rabe, S.; Stierand, Ph. (2003). Standards für Mobilitätszentralen, Abschlussbericht im Rahmen des Projektes „Standards für den öffentlichen Verkehr – Instrument zur Steigerung der Effizienz und Sicherung der Qualität“, Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Dortmund.

P+R, Park & Ride GmbH, Werner-Heisenberg-Allee 21, 80939 München, (2004).

Rode, S. (2001). Erfahrungen mit flexiblen Bedienweisen im ÖPNV während der Nachtstunden, Forschungsbericht aus dem Fachbereich Bauwesen, Nr. 88, Universität Essen.

Rode, S. (2002). Nächtliche Freizeitmobilität junger Erwachsener in Ballungsgebieten – Möglichkeiten zur Erhöhung der ÖPNV-Nutzung auf Disco-Wegen, Endbericht, Universität Essen, Essen.

Rode, S. (2003). MoDis – increasing public transport use by young adults at night, Traffic Engineering & Control, Vol 44 No 6, Hemming Group, London.

Schönharting, J., Bruckmann, D. et al. (2003). Metrorapid / Transrapid: Vernetzung, Umfeld und Verkehrsträger, Universität Duisburg-Essen.

Schönharting, J., Bruckmann, D., Stöcker, K., et al. (2001). Grundlagen einer Differenzierung der RAS-N, Teil Stadtregionen, Schlussbericht, Forschungsprogramm Stadtverkehr, FE-Nr.: 77416/97, Seite 145, Bergisch Gladbach.

Schulze, H. (1998). Nächtliche Freizeitunfälle junger Fahrerinnen und Fahrer, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 91, Bergisch Gladbach.

Shell/ADAC-Studie (2000). „Junge Fahrenanfänger“, Hamburg und München.

Sieber, N., Walther, G. (2002). Wirtschaftlichkeit alternativer Bedienungsformen, in: Internationales Verkehrswesen 9/02, S. 434-435, Hamburg.

Sommer, C. (2002). Erfassung des Verkehrsverhaltens mittels Mobilfunktechnik – Konzept, Validität und Akzeptanz eines neuen Erhebungsverfahrens, Schriftenreihe des Instituts für Verkehr und Stadtbauwesen der TU Braunschweig, Braunschweig.

Stadt Bochum (2001). Amt für Statistik, Stadtforschung und Wahlen, Einwohner in Bochum nach Altersgruppen für statistische Viertel.

Stadt Essen (2001). Amt für Statistik, Stadtforschung und Wahlen, Bevölkerung am Ort der Hauptwohnung für Stadtteilbereiche.

Statistisches Bundesamt (2003). Unfälle von 18-24-jährigen im Straßenverkehr 2002. Wiesbaden.

Theis, H. (1985). Reisezeiten im ÖPNV. In: Verkehr und Technik, 1/1995 S. 32-35

Vollrath, M.; Löbmann, R.; Widera, T. (2000). Der Einfluss von Drogen auf die Fahrtüchtigkeit, in: BLICK 2/2000 – Forschungsschwerpunkt: Interdisziplinäres Zentrum für Verkehrswissenschaften, Würzburg.

Wendt, O. (1995). Tourenplanung durch Einsatz naturanaloger Verfahren – Integration von Genetischen Algorithmen und Simulated Annealing, Wiesbaden.

Zeitvogel, (1981). RETAX – Ein Jahr großer Probetrieb in Wunstorf, in: Nahverkehrs-Praxis, Dortmund.



Disco-Fragebogen

Hast Du auch schon einmal Probleme gehabt, zur Disco zu kommen oder war die Rückfahrt sogar noch komplizierter? Diese Aktion mit dem Namen MODIS soll die Situation von Jugendlichen auf Disco-Wegen verbessern.

Dazu brauchen wir Deine Antworten.

1 Allgemeine Angaben

1.1 Persönliche Daten

Angaben zum Wohnort	Straße (Angabe freiwillig): Stadtteil: Stadt:				
Alter:					
Geschlecht:	weiblich <input type="checkbox"/>		männlich <input type="checkbox"/>		
Führerscheinbesitz:	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>	für folgende Fahrzeuge:		
Steht für Discobesuche ein PKW zur Verfügung?	immer <input type="checkbox"/>		meistens <input type="checkbox"/>	manchmal <input type="checkbox"/>	nie <input type="checkbox"/>
Wieviel Geld steht Dir im Monat zur Verfügung? _____DM			Wieviel Geld gibst Du pro Discobesuch aus? _____DM		

1.2 Allgemeine Angaben zu Disco-Besuchen

		Name und Ort der von Dir am häufigsten besuchten Discos:		
Wie oft besuchst Du eine Disco?	1.)Name:	2.) Name:	Bist Du bereits einmal zu Hause geblieben, da sich keine geeignete Fahrgelegenheit bot?	
1 oder mehr mal pro Woche <input type="checkbox"/>	Stadt:	Stadt:	oft <input type="checkbox"/>	
2-3 mal pro Monat <input type="checkbox"/>			selten <input type="checkbox"/>	
alle 1-2 Monate			nie <input type="checkbox"/>	
seltener als alle 2 Monate <input type="checkbox"/>				
ich war noch nie in einer Disco, weil: _____				

2 Angaben zum letzten Disco-Besuch

2.1 Angaben über alle Wege, die Du an diesem bestimmten Abend unternommen hast.

Wann war Dein letzter Discobesuch?	Datum: _____		Wochentag: _____	
An welchem Ort hast Du an diesem Abend den ersten Weg begonnen?	Wohnung. <input type="checkbox"/>		Anderer <input type="checkbox"/>	
	Erster Weg	Zweiter Weg	Dritter Weg	Vierter Weg
Zu welchem Ziel hast Du diesen Weg unternommen?	Ziel Disco <input type="checkbox"/> Freunde <input type="checkbox"/> Kino <input type="checkbox"/> Kneipe/Cafe <input type="checkbox"/> nach Hause <input type="checkbox"/> Anderes, und zwar: _____	Ziel Disco <input type="checkbox"/> Freunde <input type="checkbox"/> Kino <input type="checkbox"/> Kneipe/Cafe <input type="checkbox"/> nach Hause <input type="checkbox"/> Anderes, und zwar: _____	Ziel Disco <input type="checkbox"/> Freunde <input type="checkbox"/> Kino <input type="checkbox"/> Kneipe/Cafe <input type="checkbox"/> nach Hause <input type="checkbox"/> Anderes, und zwar: _____	Ziel Disco <input type="checkbox"/> Freunde <input type="checkbox"/> Kino <input type="checkbox"/> Kneipe/Cafe <input type="checkbox"/> nach Hause <input type="checkbox"/> Anderes, und zwar: _____
Wo lag dieses Ziel?	Zieladresse Name: _____ Straße: _____ Stadtteil: _____ Stadt: _____	Zieladresse Name: _____ Straße: _____ Stadtteil: _____ Stadt: _____	Zieladresse Name: _____ Straße: _____ Stadtteil: _____ Stadt: _____	Zieladresse Name: _____ Straße: _____ Stadtteil: _____ Stadt: _____
Um wieviel Uhr hast Du diesen Weg begonnen?	_____ Beginn (Uhrzeit)	_____ Beginn (Uhrzeit)	_____ Beginn (Uhrzeit)	_____ Beginn (Uhrzeit)
Mit welchem Verkehrsmittel bzw. mit welchen Verkehrsmitteln bist Du zu Deinem Ziel gelangt?	Verkehrsmittel Zu Fuß <input type="checkbox"/> Fahrrad <input type="checkbox"/> Mofa <input type="checkbox"/> Moped, Motorrad <input type="checkbox"/> PKW als Fahrer <input type="checkbox"/> PKW als Mitfahrer <input type="checkbox"/> Bus <input type="checkbox"/> Straßenbahn <input type="checkbox"/> U-Bahn <input type="checkbox"/> S-Bahn <input type="checkbox"/> Eisenbahn <input type="checkbox"/> Anderes, und zwar: _____	Verkehrsmittel Zu Fuß <input type="checkbox"/> Fahrrad <input type="checkbox"/> Mofa <input type="checkbox"/> Moped, Motorrad <input type="checkbox"/> PKW als Fahrer <input type="checkbox"/> PKW als Mitfahrer <input type="checkbox"/> Bus <input type="checkbox"/> Straßenbahn <input type="checkbox"/> U-Bahn <input type="checkbox"/> S-Bahn <input type="checkbox"/> Eisenbahn <input type="checkbox"/> Anderes, und zwar: _____	Verkehrsmittel Zu Fuß <input type="checkbox"/> Fahrrad <input type="checkbox"/> Mofa <input type="checkbox"/> Moped, Motorrad <input type="checkbox"/> PKW als Fahrer <input type="checkbox"/> PKW als Mitfahrer <input type="checkbox"/> Bus <input type="checkbox"/> Straßenbahn <input type="checkbox"/> U-Bahn <input type="checkbox"/> S-Bahn <input type="checkbox"/> Eisenbahn <input type="checkbox"/> Anderes, und zwar: _____	Verkehrsmittel Zu Fuß <input type="checkbox"/> Fahrrad <input type="checkbox"/> Mofa <input type="checkbox"/> Moped, Motorrad <input type="checkbox"/> PKW als Fahrer <input type="checkbox"/> PKW als Mitfahrer <input type="checkbox"/> Bus <input type="checkbox"/> Straßenbahn <input type="checkbox"/> U-Bahn <input type="checkbox"/> S-Bahn <input type="checkbox"/> Eisenbahn <input type="checkbox"/> Anderes, und zwar: _____
Bitte alle benutzten Verkehrsmittel angeben!				
Um wieviel Uhr bist Du dort angekommen?	Ankunft _____ (Uhrzeit)	Ankunft _____ (Uhrzeit)	Ankunft _____ (Uhrzeit)	Ankunft _____ (Uhrzeit)
Wie viele Personen haben Dich auf diesem Weg begleitet?	Anzahl der Personen _____ Personen	Anzahl der Personen _____ Personen	Anzahl der Personen _____ Personen	Anzahl der Personen _____ Personen
Bist Du von dort aus weiter- oder nach Hause gegangen/gefahren?	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/>

2.2 Angaben bitte zum letzten Discobesuch

	schon vor dem Discobesuch	während des Discobesuches	erst kurz vor Verlassen der Disco
Wann wusstest Du, wann Du die Disco verlassen würdest?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wann wusstest Du, mit wem Du die Disco verlassen würdest?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wann wusstest Du, mit welchem Verkehrsmittel Du die Disco verlassen würdest?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2.3

		Hast Du an diesem Abend andere Drogen genommen?			
Hast Du an diesem Abend Alkohol getrunken?		ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	Wieviel Geld hast Du an diesem Abend ausgegeben?	
ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	Cannabis (Haschisch) <input type="checkbox"/>		bis 10 DM <input type="checkbox"/>	
Gebe bitte die Getränke und die Anzahl der Gläser an.		Ecstasy <input type="checkbox"/>		zwischen 10 und 30 DM <input type="checkbox"/>	
Getränke	Anzahl	andere _____ <input type="checkbox"/>		zwischen 30 und 50 DM <input type="checkbox"/>	
1.)				zwischen 50 und 80 DM <input type="checkbox"/>	
2.)				zwischen 80 und 100 DM <input type="checkbox"/>	
3.)				über 100 DM <input type="checkbox"/>	

3 Präferenzen

3.1

			Das stört mich an öffentlichen Verkehrsmitteln:	Das gefällt mir an öffentlichen Verkehrsmitteln:		
Fährst Du regelmäßig mit öffentlichen Verkehrsmitteln?			1.)	1.)	Bist Du schon einmal mit einem Disco- bzw. Nachtbus (Nachtexpress oder ähnlichem) gefahren?	
	ja	nein	2.)	2.)	häufig <input type="checkbox"/>	manchmal <input type="checkbox"/>
zur Schule	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3.)	3.)	selten <input type="checkbox"/>	nie <input type="checkbox"/>
zu Freunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.)	4.)	und zwar in (Stadt):	
in die Innenstadt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.)	5.)	von: _____	
sonst: _____						nach: _____

3.2

Bist Du mit dem jetzigen Angebot an öffentlichen Verkehrsmitteln in der Nacht zufrieden?			
sehr zufrieden <input type="checkbox"/>	zufrieden <input type="checkbox"/>	nicht zufrieden <input type="checkbox"/>	sehr unzufrieden <input type="checkbox"/>

3.3

			Das stört mich am Fahren mit dem Pkw:	Das gefällt mir am Fahren mit dem Pkw:		
Fährst Du regelmäßig als Fahrer oder Mitfahrer im Pkw?			1.)	1.)	Ist Dein Fahrzeug auf dem Disco-Parkplatz schon einmal aufgebrochen oder beschädigt worden?	
	ja	nein	2.)	2.)	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
zur Schule	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3.)	3.)		
zu Freunden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.)	4.)		
in die Innenstadt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.)	5.)		
sonst: _____						

3.4 Wunschzeitbereiche für Discobesuche

Wann möchtest Du die (erste) Disco erreichen?	Wann möchtest Du die (letzte) Disco verlassen?
zwischen _____ und _____ Uhr	zwischen _____ und _____ Uhr

3.5 Motive für die Verkehrsmittelwahl

Was ist Dir wichtig auf dem Weg zur und von der Disco?

	ist mir sehr wichtig	ist mir wichtig	ist mir nicht wichtig	ist mir völlig unwichtig
kurze Fahrtzeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kurze Fußwege	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alkoholgenuss vor und während der Fahrt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bequemlichkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fahren, wann man möchte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geringe Kosten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geringes Risiko, Opfer von Belästigung oder eines Überfalls zu werden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abenteuer/Nervenkitzel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dass andere mein Verkehrsmittel bewundern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geringes Unfallrisiko	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geselligkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Musik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Privatsphäre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sauberkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unabhängigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zuverlässigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
hohe Geschwindigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spaß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stressfreiheit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umweltfreundlichkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sonstiges:1.) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.6 Welchem Verkehrsmittel ordnest Du folgende Eigenschaften/Merkmale zu?

Mehrfachnennungen möglich

	Busse/Bahnen	Pkw	Taxi
kurze Fahrtzeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kurze Fußwege	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Alkoholgenuss vor und während der Fahrt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bequemlichkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fahren, wann man möchte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geringe Kosten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geringes Risiko, Opfer von Belästigung oder eines Überfalls zu werden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abenteuer/Nervenkitzel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dass andere mein Verkehrsmittel bewundern	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
geringes Unfallrisiko	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geselligkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Musik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Privatsphäre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sauberkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unabhängigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Langeweile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zuverlässigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
hohe Geschwindigkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spaß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stressfreiheit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umweltfreundlichkeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sonstiges:1.) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.7 Welche Wünsche zur attraktiveren Gestaltung von Bussen und Bahnen hast Du?

	ist mir sehr wichtig	ist mir wichtig	ist mir nicht wichtig	ist mir völlig unwichtig
Bereitstellung von mehr Sicherheitspersonal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
besondere Einrichtung für jugendliche Fahrgäste (viele Farben, mehr Vierer)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bessere Verbindungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
häufigere Abfahrten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
freundlichere Busfahrer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
günstige Abfahrtszeiten sowohl hin als auch zurück	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kürzere Fahrtzeiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Musik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rufbusangebote	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
niedriger Fahrpreis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bekanntgabe der Fahrpläne in den Discos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
saubere Busse und Haltestellen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Verkauf von Getränken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wohnnah Haltestellen, bzw. kurzer Fußweg zur Haltestelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
sonstiges: 1.) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.) _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.8

Wie oft würdest Du öffentliche Verkehrsmittel für Deine Disco-Wege nutzen, wenn Deine Wünsche erfüllt würden?			
immer <input type="checkbox"/>	häufiger <input type="checkbox"/>	genauso häufig <input type="checkbox"/>	nie <input type="checkbox"/>

3.9

	Wie beurteilst Du die Fahrer öffentlicher Verkehrsmittel?	
Wie beurteilst Du die Anwesenheit von Sicherheitspersonal?	sie sind überwiegend freundlich <input type="checkbox"/>	Wieviel bist Du für ein Ticket bereit zu zahlen, das die ganze Nacht (zwischen 19 und 06 Uhr) gültig ist?
ich fühle mich sicherer <input type="checkbox"/>	sie sind überwiegend unfreundlich <input type="checkbox"/>	bis 3 DM <input type="checkbox"/>
Sicherheitspersonal ist überflüssig <input type="checkbox"/>	sie sind überwiegend neutral <input type="checkbox"/>	bis 5 DM <input type="checkbox"/>
ich fühle mich durch das Sicherheitspersonal überwacht <input type="checkbox"/>	ich habe keinen Kontakt zu den Fahrern <input type="checkbox"/>	bis 10 DM <input type="checkbox"/>
ich habe kein Vertrauen zu dem Sicherheitspersonal <input type="checkbox"/>	Deine Meinung:	mehr als 10 DM <input type="checkbox"/>
Deine Meinung:		Deine Meinung:

Bisher in den IVS-Schriften erschienen:

- Band 1:** Festkolloquium zum 60. Geburtstag von Jörg Schönharting
- Band 2:** Metrorapid / Transrapid: Vernetzung, Umfeld und Verkehrsträger
- Band 3:** Ein neues Verfahren zur Kombination von Mehrfahrgast-Taxi und ÖPNV –
Das KOMET-System